



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Off nl ungungsschrift**
⑩ **DE 198 16 192 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 R 29/08
G 01 R 27/32
G 01 R 19/28

②① Aktenzeichen: 198 16 192.1
②② Anmeldetag: 14. 4. 98
④③ Offenlegungstag: 8. 4. 99

③⑩ Unionspriorität:
9-255496 19. 09. 97 JP
⑦① Anmelder:
Fujitsu Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP
⑦④ Vertreter:
W. Seeger und Kollegen, 81369 München

⑦② Erfinder:
Kishimoto, Takeshi, Kawasaki, Kanagawa, JP;
Ohtsu, Shinichi, Kawasaki, Kanagawa, JP; Mukai,
Makoto, Kawasaki, Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Gerät zum Analysieren von sich von einem Mehrschichtsubstrat ausbreitenden elektromagnetischen Wellen

⑤⑦ die elektromagnetische Feldintensität einer elektromagnetischen Welle, die sich von einem Mehrschichtsubstrat ausbreitet, wird richtig berechnet. Ein Elektromagnetwellen-Ausbreitungsanalysegerät enthält eine Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit zum Erhalten der Verteilung eines elektrischen Stroms, der durch eine Signalschicht fließt, mit einem aufgeteilten Konstantleitungs-näherungsverfahren oder einem Transmissionsleitungsanalyseverfahren, eine Mehrschichtsubstrat-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit zum Berechnen der Verteilung eines elektrischen Stroms eines gesamten Mehrschichtsubstrates mit einem Momentverfahren basierend auf der Verteilung des elektrischen Stroms, die durch die Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit erhalten wurde, und eine Elektromagnetfeld-Intensitätsberechnungseinheit zum Berechnen der elektromagnetischen Feldintensität einer elektromagnetischen Welle, die sich von einem Mehrschichtsubstrat ausbreitet, basierend auf der Verteilung des elektrischen Stroms des gesamten Mehrschichtsubstrates, die durch die Mehrschichtsubstrat-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit berechnet wurde. Das Elektromagnetwellen-Ausbreitungsanalysegerät schafft ein Modellierverfahren zum quantitativen Analysieren des Zustands des elektrischen Stroms, der durch eine Wellenquelle und eine Last fließt und dann in eine Leistungszufuhrschicht und eine Erdungsschicht fließt.

DE 198 16 192 A 1

DE 198 16 192 A 1

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Gerät zum Analysieren der elektromagnetischen Wellen, die sich von einem Mehrschichtsubstrat ausbreiten, und genauer ein Elektromagnetwellenanalysegerät zum Erhalten der Verteilung elektrischer Ströme, die durch eine Signalschicht fließen, basierend auf dem aufgeteilten Konstantliniennäherungsverfahren oder dem Transmissionslinienanalysenverfahren, und Berechnen der Verteilung der elektrischen Ströme des gesamten Mehrschichtsubstrates und der Elektromagnetfeldintensität der sich ausbreitenden elektromagnetischen Welle basierend auf den erhaltenen Ergebnissen.

Beschreibung der zugehörigen Technik

Die sozialen Regulierungen betreffend Vorrichtungen mit elektrischen Schaltungen verbieten die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen und von Geräuschen, die einen vorgegebenen Pegel übersteigen, gemäß den strengen Regulierungen einer Anzahl von Ländern.

Um diese Regulierungen betreffend der elektromagnetischen Wellen zu erfüllen, sollen verschiedene Technologien, wie eine Abschirmtechnologie, eine Filtertechnologie, etc. übernommen werden. Um diese Technologien praktisch zu übernehmen, ist es erforderlich, eine Simulationstechnologie zu entwickeln, um quantitativ zu berechnen, wie jede der Technologien beim Verringern abgestrahlter elektromagnetischer Wellen wirksam ist.

Basierend auf den oben beschriebenen Hintergrund haben die Anmelder die Erfindung einer Simulationstechnologie zum Berechnen der Elektromagnetfeldintensität offenbart, die von einer Vorrichtung mit elektrischer Schaltung erzeugt wird, grundsätzlich unter Verwendung eines Momentverfahrens. Um die Simulationstechnologien zu etablieren, sollte ein genaues Modell einer Vorrichtung mit elektrischer Schaltung vorbereitet werden.

Die Elektromagnetfeldintensität, die von einem Objekt erzeugt wird, kann durch Berechnen eines elektrischen Stroms simuliert werden, der durch jeden Teil eines Objekts fließt, zur Substitution in einer gut bekannten theoretischen Gleichung für Elektromagnetwellenausbreitung. Der elektrische Strom, der durch jeden Teil des Objekts fließt, kann logisch durch Lösen einer Maxwell-Gleichung für ein elektromagnetisches Feld erhalten werden. Jedoch ist es schwierig, eine Maxwell-Gleichung für ein elektromagnetisches Feld unter optionalen Grenzbedingungen für ein Objekt zu lösen, das eine optionale Form hat.

Daher sind alle analytischen Verfahren zum Berechnen eines elektrischen Stroms, der bei einer gegenwärtigen Elektromagnetfeld-Intensitätsberechnungsvorrichtung verwendet werden, Näherungsverfahren mit Variationen in der Genauigkeit. Gegenwärtig gibt es drei Näherungsverfahren, das heißt, das Kleinschleifenantennennäherungsverfahren, das aufgeteilte Konstantleitungsnäherungsverfahren und das Momentverfahren.

Beim Kleinschleifenantennennäherungsverfahren wird eine Leitung, die eine Wellenquellschaltung und eine Lastschaltung verbindet, als eine Schleifenantenne verarbeitet, und der Strom, der durch die Schleife fließt, wird als konstant angenommen und wird durch ein Berechnungsverfahren für eine zusammengepackte Konstantenschaltung erhalten. Die Fig. 1 zeigt das Kleinschleifenantennennäherungsverfahren. Die Berechnung beim Kleinschleifenantennennäherungsverfahren ist die einfachste der drei Methoden, wird aber heutzutage kaum genutzt wegen geringer Genauigkeit, wenn die Größe einer Schleife nicht klein ist im Vergleich zur Wellenlänge einer elektromagnetischen Welle.

Andererseits kann bei dem aufgeteilten Konstantleitungsnäherungsverfahren ein elektrischer Strom erhalten werden durch Anwenden einer Gleichung einer aufgeteilten Konstantleitung zu einem Objekt, was zu einer eindimensionalen Struktur angenähert werden kann. Bei diesem Verfahren ist die Berechnung oder Verarbeitung relativ einfach, und die Zeit, die zur Berechnung erforderlich ist, und der Rechenaufwand nehmen faßt proportional zur Anzahl der Elemente zu, die analysiert werden sollen. Daher können auch solche Phänomene, wie Reflexion, die Resonanz, etc. einer Leitung ebenfalls analysiert werden. Als Ergebnis kann eine Hochgeschwindigkeits- und Hochgenauigkeitsanalyse für ein Objekt realisiert werden, das als eine eindimensionale Struktur angenähert werden kann. Die Fig. 2 zeigt die Konfiguration gemäß dem aufgeteilten Konstantleitungsnäherungsverfahren.

Bei der Berechnung basierend auf dem verteilten Konstantleitungsnäherungsverfahren besteht das Problem, daß eine Hochgeschwindigkeits- und Hochgenauigkeitsanalyse für ein Objekt ausgeführt werden kann, das als ein eindimensionales Objekt angenähert werden kann, aber nicht für ein Objekt ausgeführt werden kann, das nicht angenähert werden kann.

Andererseits ist das Momentverfahren eine der Lösungen einer Integralgleichung, die von einer Maxwell-Gleichung für Elektromagnetwellenbewegung erhalten wird, und kann auf ein Objekt angewandt werden, das eine optionale dreidimensionale Form hat. In der Praxis wird ein elektrischer Strom mit einem Objekt berechnet, das in kleine Elemente unterteilt ist.

Ein Referenzdokument des Momentverfahrens kann H. N. Wang, J. H. Richmond und M. C. Gilreath: "Sinusoidal reaction formulation for radiation and scattering from conducting surface" IEEE TRANSACTIONS ANTENNAS PROPAGATION Vol. AP-23 1975 sein.

Bei diesen Momentverfahren wird die Struktur einer elektrischen Schaltungsvorrichtung, die simuliert werden soll, als eine Masche gestaltet. Die gegenseitigen Impedanzen und die komplexen Scheinleitwerte zwischen Elementen werden in einem vorgegebenen Berechnungsprozeß für eine Zielfrequenz berechnet, und werden zur Substitution in Simultangleichungen zusammen mit der Wellenquelle verwendet, die in der Strukturinformation spezifiziert wurde, wie die erhaltenen gegenseitigen Impedanzen, etc. Der elektrische Strom, der durch jedes Element fließt, kann durch Lösen der Simultangleichungen erhalten werden.

Das heißt, daß, wenn ein metallisches Objekt verarbeitet wird, der metallische Teil als eine Masche gestaltet ist, die

analysiert werden soll. Die gegenseitige Impedanz Z_{ij} zwischen den metallischen Maschenelementen wird erhalten, und die folgenden Simultangleichungen des Momentenverfahrens, die unter der gegenseitigen Impedanz Z_{ij} , der Wellenquelle V_i und dem elektrischen Strom I_i , der durch das metallische Maschenelement fließt, gebildet sind, werden gelöst, um den elektrischen Strom I_i zu erhalten, wodurch die elektromagnetische Feldintensität berechnet wird.

$$[Z_{ij}] [I_i] = [V_i]$$

wobei $[]$ eine Matrix angibt.

Wenn ein Widerstand, eine Kapazität und eine Induktanz in der Masche existieren, bilden sie einen Teil der Selbstimpedanzelemente der Masche.

Die meisten elektrischen Schaltungsvorrichtungen haben Mehrschichtsubstrate, auf welchen eine Leistungszufuhrschicht, eine Erdungsschicht und eine Signalschicht in einer Schichtstruktur aufgebracht sind, die durch Schichten aus einem Isolationsmaterial getrennt sind, wenn eine hochdichte Implementierung realisiert ist.

Die Fig. 3A zeigt ein Beispiel der geschichteten Struktur eines Mehrschichtsubstrates. Die Fig. 3B zeigt ein Beispiel der Signalschicht eines Mehrschichtsubstrates. Wie in der Fig. 3A gezeigt ist, sind neun Schichten zu einem Mehrschichtsubstrat laminiert. Die neun Schichten sind nacheinander von der Oberseite zum Boden eine Signalschicht 1, ein erstes Kernmaterial 2, bestehend aus Epoxylas, etc., eine erste vorimprägnierte Schicht 3, die aus einem Isolator besteht zum Einstellen der Dicke, etc., eine Leistungszufuhrschicht 4, ein zweites Kernmaterial 5, eine Erdungsschicht 6, eine zweite vorimprägnierte Schicht 7, ein drittes Kernmaterial 8 und eine zweite Signalschicht 9.

Die erste Signalschicht 1 und die zweite Signalschicht 9 implementieren ein Schaltungsmuster unter Verwendung eines Metalls, wie eine Kupferfolie, etc., wie in der Fig. 3B gezeigt ist. Gemäß dem Schaltungsmuster sind Schaltungsteile, wie Chipteile, angeordnet, um eine elektronische Schaltung zu implementieren. Zwischen der elektronischen Schaltung und der Leistungszufuhrschicht 4 oder der Erdungsschicht 6 gibt es ein Loch, das "ein Durchgangsloch" genannt wird, durch welches Schichten elektrisch verbunden sind, und die elektronische Schaltung hat eine Leistungsversorgung und ist geerdet.

Somit ist eine elektronische Schaltung in der Signalschicht des Mehrschichtsubstrates implementiert, und eine elektromagnetische Welle, die eine hohe elektromagnetische Feldintensität hat, breitet sich von der elektronischen Schaltung aus.

Wie oben beschrieben wurde, wurde bei einer Vorrichtung zum Analysieren einer elektromagnetischen Welle, die von einem Mehrschichtsubstrat abgestrahlt wird oder ausgeht, eine Signalschicht, durch welche eine elektronische Schaltung implementiert ist, als eine Hauptquelle für abgestrahlte oder sich ausbreitende elektromagnetische Wellen zur Verwendung bei einer Analyse erachtet. Jedoch war klar, daß die Abstrahlung oder Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen von einer Leistungszufuhrschicht und einer Erdungsschicht nicht ignoriert werden kann. Daher ist es unentbehrlich, eine sich ausbreitende oder abgestrahlte elektromagnetische Welle unter Berücksichtigung des Einflusses einer Erdungsschicht zu analysieren.

Obwohl die Abstrahlung oder Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle von einer Leistungszufuhrschicht oder einer Erdungsschicht nicht ignoriert werden kann, bestand das Problem, daß keine geeigneten Modelle einer Leistungszufuhrschicht und einer Erdungsschicht entwickelt wurden, und die abgestrahlten elektromagnetischen Wellen nicht richtig analysiert werden können. Ferner bestand das Problem, daß keine wirksamen Verfahren entwickelt wurden, um zu bestimmen, wie ein elektrischer Strom, der durch eine Wellenquelle und eine Last fließt, in eine Leistungszufuhrschicht und eine Erdungsschicht fließt, wenn ein komplementärer Metall-Oxid-Halbleitervorrichtung-(CMOS) IC-Treiber verwendet wird, wodurch verhindert wird, die Verteilung elektrischer Ströme, die elektromagnetische Wellen abstrahlen, richtig zu erhalten.

Überblick über die Erfindung

Die vorliegende Erfindung zielt auf das Schaffen eines Elektromagnetwellen-Analysegerätes, das geeignet ist, die elektromagnetische Feldintensität von elektromagnetischen Wellen, die von einem Mehrschichtsubstrat abgestrahlt werden, einschließlich elektromagnetischer Wellen, die von einer Leistungszufuhrschicht und einer Erdungsschicht abgestrahlt werden oder ausgehen, durch Einrichten eines Modellverfahrens zu berechnen, bei dem der Zustand eines elektrischen Stroms, der durch eine Wellenquelle und eine Last fließt und in die Leistungszufuhrschicht und die Erdungsschicht fließt, quantitativ analysiert werden kann.

Um den oben beschriebenen Zweck zu erreichen, enthält das Elektromagnetwellen-Analysegerät oder das Gerät zum Analysieren elektromagnetischer Wellen, die von einem Mehrschichtsubstrat abgestrahlt werden, gemäß der vorliegenden Erfindung eine Signalschicht-Stromverteilungsberechnungseinheit zum Berechnen der Verteilung des elektrischen Stroms, der durch eine Signalschicht fließt, durch ein aufgeteiltes oder distributiertes Konstantleitungs-näherungsverfahren oder ein Transmissionsleitungsanalyseverfahren, eine Mehrschichtsubstrat-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit zum Berechnen der Verteilung des elektrischen Stroms über das Mehrschichtsubstrat durch ein Momentverfahren basierend auf der Verteilung des elektrischen Stroms, die durch die Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit erhalten wurde, und eine Elektromagnetfeld-Intensitätsherechnungseinheit zum Berechnen der elektromagnetischen Feldintensität der elektromagnetischen Wellen, die von dem Mehrschichtsubstrat ausgehen, basierend auf der berechneten Verteilung des elektrischen Stroms über dem Mehrschichtsubstrat.

Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann ein Modell einer quantitativen Analyse des Zustands eines elektrischen Stroms, der durch eine Wellenquelle und eine Last fließt und in eine Leistungszufuhrschicht und eine Erdungsschicht fließt quantitativ analysiert werden. Nach dem Erhalten der Verteilung des elektrischen Stroms, der durch die Signalschicht fließt, durch das verteilte Konstantleitungs-näherungsverfahren oder das Transmissionsleitungsanalyseverfahren wird das gesamte Mehrschichtsubstrat, einschließlich der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht, durch das Momentverfahren analysiert. Somit kann der Umfang der Analyse praktisch bestimmt werden und kann mit hoher

Genauigkeit ausgeführt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- 5 **Fig. 1** zeigt das Kleinschleifenantennen-Näherungsverfahren,
Fig. 2 zeigt das aufgeteilte Konstantleitungs-näherungsverfahren,
Fig. 3A zeigt ein Beispiel einer Struktur der Schichten eines Mehrschichtsubstrates,
Fig. 3B zeigt ein Beispiel einer Struktur der Signalschicht des Mehrschichtsubstrates,
Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration gemäß dem Prinzip der vorliegenden Erfindung zeigt,
10 **Fig. 5** zeigt das gesamte Modell des Mehrschichtsubstrates,
Fig. 6 zeigt das Verfahren, einen elektrischen Strom i_3 einer Wellenquelle in einem Modell eines Mehrschichtsubstrates aufzuteilen,
Fig. 7 zeigt das Verfahren, den elektrischen Strom i_3 der Wellenquelle durch das aufgeteilte Konstantleitungs-näherungsverfahren zu erhalten, und das Verfahren, den elektrischen Strom i_3 in zwei elektrische Stromquellen i_1 und i_2 aufzuteilen,
15 **Fig. 8** zeigt das Verfahren, die Verteilung des elektrischen Stroms zu berechnen, der durch die Signalschicht in einem Modell des Mehrschichtsubstrates fließt,
Fig. 9 zeigt das Verfahren, die Verteilung des elektrischen Stroms über das Mehrschichtsubstrat in einem Modell des Mehrschichtsubstrates zu berechnen,
20 **Fig. 10** ist ein Flußdiagramm (1), das den gesamten Prozeß des Analysierens einer elektromagnetischen Welle zeigt,
Fig. 11 ist ein Flußdiagramm (2), das den gesamten Prozeß des Analysierens einer elektromagnetischen Welle zeigt,
Fig. 12 zeigt das Verfahren, den elektrischen Strom i_3 einer Wellenquelle in einer aufgeteilten Konstantleitung zu berechnen,
Fig. 13 zeigt das Verfahren, den elektrischen Strom i_3 in zwei elektrische Stromquellen aufzuteilen,
25 **Fig. 14** zeigt das Einsetzen einer elektrischen Stromquelle und einer Eingangsimpedanz an einem Eingangsanschluß und einem Lastanschluß einer aufgeteilten Konstantleitung,
Fig. 15 zeigt das Verfahren, die Eingangsimpedanz an einem Lastanschluß der aufgeteilten Konstantleitung zu berechnen,
Fig. 16 zeigt das Verfahren, die Eingangsimpedanz an einem Eingangsanschluß der aufgeteilten Konstantleitung zu berechnen,
30 **Fig. 17** zeigt das Verfahren, die Verteilung des elektrischen Stroms in der aufgeteilten Konstantleitung zu berechnen,
Fig. 18 zeigt das Verfahren, die Verteilung des elektrischen Stroms über die Multischichten zu berechnen,
Fig. 19 zeigt das Verfahren, eine elektrische Stromquelle in eine elektrische Spannungsquelle umzuwandeln im Fall einer Verwendung des Momentverfahrens,
35 **Fig. 20** zeigt, wie die Leistungszufuhrschicht und die Erdungsschicht in eine Maschen- oder Netzform aufgeteilt sind,
Fig. 21A zeigt eine leitende Fläche (1), die zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht vorgesehen ist,
Fig. 21B zeigt eine leitende Fläche (2), die zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht vorgesehen ist,
40 **Fig. 22A** zeigt ein Modell eines dielektrischen Teils zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht,
Fig. 22B zeigt ein Modell eines dielektrischen Teils zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht, wenn der Verlust eines dielektrischen Teils berücksichtigt wird,
Fig. 23 zeigt das Ergebnis der Berechnung des elektromagnetischen Feldspektrums, wenn die vorliegende Erfindung nicht angewandt wird,
45 **Fig. 24** zeigt das Ergebnis der Berechnung des elektromagnetischen Feldspektrums, wenn die vorliegende Erfindung angewandt wird,
Fig. 25 ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration des Computersystems zeigt, das das Elektromagnetwellen-Analysegerät gemäß der vorliegenden Erfindung realisiert, und
Fig. 26 zeigt, wie das Elektromagnetwellen-Analyseprogramm auf dem Computersystem geladen ist.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungen

Die **Fig. 4** ist ein Blockdiagramm, das das Prinzip der vorliegenden Erfindung zeigt.

In der **Fig. 4** erhält eine Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit **10** die Verteilung des elektrischen Stroms, der durch eine Signalschicht fließt, durch ein aufgeteiltes Konstantleitungs-näherungsverfahren oder ein Transmissionsleitungsanalyseverfahren.

Eine Mehrschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit **11** berechnet die Verteilung eines elektrischen Stroms, der durch das gesamte Mehrschichtsubstrat fließt, durch das Momentverfahren basierend auf der Verteilung des elektrischen Stroms, die durch die Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit **10** erhalten wurde.

Die elektromagnetische Feldintensität der elektromagnetischen Welle, die von einem Mehrschichtsubstrat abgestrahlt wird oder ausgeht, wird berechnet basierend auf der Verteilung des elektrischen Stroms, die durch die Elektromagnetfeld-Intensitätsberechnungseinheit **12** und die Mehrschichtsubstrat-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit **11** erhalten wurde.

Wenn die Verteilung des elektrischen Stroms, der durch die Signalschicht fließt, durch das aufgeteilte Konstantleitungs-näherungsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung erhalten wurde, wird der elektrische Strom einer Wellenquelle zuerst erhalten. Wenn der elektrische Strom der Wellenquelle von einem CMOS-IC-Treiber kommt, werden die zwei Rechteckwellen entsprechend dem Tast- oder Nennverhältnis des IC-Treibers mit dem erhaltenen elektrischen Strom der Wellenquelle multipliziert. Somit wird der elektrische Strom der Wellenquelle in zwei geteilt und entspre-

chend als elektrische Stromquellen zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Signalschicht und zwischen der Erdungsschicht und der Signalschicht eingesetzt.

Basierend auf der Verteilung des elektrischen Stroms auf der aufgeteilten Konstantleitung, die durch die Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinheit 10 erhalten wurde, kann die Verteilung des elektrischen Stroms in dem gesamten Mehrschichtsubstrat, das heißt die Verteilung des elektrischen Stroms in dem gesamten Mehrschichtsubstrat, enthaltend den Teil zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht, durch das Momentverfahren berechnet werden.

Wie oben beschrieben wurde, wird gemäß der vorliegenden Erfindung ein Modell auf solche Weise erzeugt, daß der Zustand des elektrischen Stroms, der durch eine Wellenquelle und eine Last fließt und in eine Leistungszufuhrschicht und eine Erdungsschicht fließt, quantitativ analysiert werden kann. Nachdem die Verteilung, Aufteilung oder Distribution des elektrischen Stroms, der durch eine Signalschicht fließt, durch das aufgeteilte Konstantleitungsverfahren erhalten wurde, wird das gesamte Mehrschichtsubstrat, das die Leistungszufuhrschicht und die Erdungsschicht enthält, durch das Momentverfahren analysiert. Somit kann die Analyse auf einer praktischen Skala ausgeführt werden, und ein Ergebnis wird mit hoher Genauigkeit auch erhalten.

Die Fig. 5 zeigt das gesamte Modell eines Mehrschichtsubstrates. In der Fig. 5 ist ein dielektrischer Teil 22, entsprechend dem zweiten Kernmaterial 5, das in der Fig. 3A gezeigt ist, zwischen eine Vcc-Ebene 20, entsprechend der Leistungszufuhrschicht 4, die in der Fig. 3A gezeigt ist, und eine GND-Ebene 21, entsprechend der Erdungsschicht 6, die in der Fig. 3A gezeigt ist, eingesetzt. Ferner ist zum Beispiel ein elektrischer Strom in dem Schaltungsmuster entsprechend der ersten Signalschicht 1, die in der Fig. 3A gezeigt ist, als ein elektrischer Strom angegeben, der durch eine aufgeteilte Konstantleitung 23 fließt.

Das Format eines Modells zwischen einer Leistungszufuhrschicht und einer Erdungsschicht kann ein dreidimensionales Gittermodell sein, das durch eine metallische Fläche und eine Kondensatorlast gebildet ist, die Gegenstand einer Patentanmeldung durch die Anmelder ist, oder kann ein Modell sein, das durch eine metallische Fläche und eine dielektrische Fläche gebildet ist. Diese Modelle werden später beschrieben.

Nachfolgend ist der Grund beschrieben, warum der elektrische Strom einer Signalschicht unter Verwendung eines aufgeteilten Konstantleitungsmodells erhalten werden kann. Normalerweise fließt der elektrische Strom in einer Signalschicht, wie er auf einer Ebene verteilt ist, in einem Umkehrprozeß. Beim Umkehrprozeß kann die Leitung durch ein einzelnes Kabel in einem elektrischen Bildverfahren angenähert werden. Als Ergebnis kann der elektrische Strom, der durch eine Signalschicht fließt, durch das aufgeteilte Konstantleitungsverfahren erhalten werden.

In der Fig. 5 wird der elektrische Strom am Eingangsanschluß der aufgeteilten Konstantleitung 23, das heißt der elektrische Strom i_3 der Wellenquelle, in eine elektrische Stromquelle i_1 , die den elektrischen Strom von einer Leistungszufuhrschicht angibt, und eine elektrische Stromquelle i_2 aufgeteilt, die den elektrischen Strom von einer Erdungsschicht angibt. Die Fig. 6 zeigt, wie der elektrische Strom i_3 der Wellenquelle in dem Modell eines Mehrschichtsubstrates aufgeteilt ist. In der Fig. 6 ist die Eingangsspannung der geteilten Konstantleitung 23 als eine Ausgangsspannung von einem CMOS-IC vorgesehen. Wenn die Ausgangsspannung einen H-Pegel angibt, ist der elektrische Strom, der in die aufgeteilte Konstantleitung eingegeben wird, i_1 . Wenn die Ausgangsspannung einen L-Pegel angibt, ist der elektrische Strom, der in die aufgeteilte Konstantleitung 23 eingegeben wird, i_2 . In der Fig. 5 fließt der elektrische Strom zwischen dem Schaltungsmuster und der Erdungsschicht (GND-Ebene) in der entgegengesetzten Richtung der elektrischen Stromquelle i_2 . Bei diesem Beispiel ist die Richtung der elektrischen Stromquelle i_2 angenommen, wie in der Fig. 5 gezeigt ist.

Das System des Analysierens der elektromagnetischen Welle in dem Modell eines Mehrschichtsubstrates, das in der Fig. 5 gezeigt ist, ist nachfolgend unter Bezugnahme auf die Fig. 7 bis 9 beschrieben. Die Fig. 7 zeigt, wie der elektrische Strom i_3 einer Wellenquelle durch das aufgeteilte Konstantleitungsverfahren unter Verwendung eines Mehrschichtsubstratmodells erhalten wird, und zeigt, wie der elektrische Strom i_3 in die elektrische Stromquelle i_1 und die elektrische Stromquelle i_2 aufgeteilt ist. In der Fig. 7 wird der elektrische Strom i_3 , der durch die Wellenquelle fließt, zuerst durch das Näherungsverfahren der aufgeteilten Konstantleitung erhalten. Dabei wird die Lastimpedanz Z_L am Ausgangsanschluß (Lastanschluß) zwischen der aufgeteilten Konstantleitung und der Erdungsschicht durch das Momentverfahren berechnet. Dann wird die Rechteckwelle basierend auf dem Nennverhältnis für den IC-Treiber mit dem elektrischen Strom i_3 der Wellenquelle multipliziert, um die Wellenformen der zwei elektrischen Stromquellen i_1 und i_2 zu erhalten.

Wenn der elektrische Strom, der durch eine Signalschicht fließt, unter Verwendung eines Schaltungsanalysewerkzeuges erhalten wird, wie der wissenschaftlichen personalintegrierten Berechnungsumgebung (engl.: "scientific personal integrated computing environment"; SPICE), etc., werden die elektrischen Stromquellen i_1 und i_2 direkt erhalten, und der elektrische Strom i_3 der Wellenquelle wird als die Summe davon erhalten. Das oben beschriebene Schaltungsanalysewerkzeug erhält einen elektrischen Strom durch das Transmissionsleitungsanalyseverfahren.

Die Fig. 8 zeigt das Verfahren des Berechnens der Verteilung des elektrischen Stroms, der durch eine Signalschicht fließt. In der Fig. 8 wird die Verteilung des elektrischen Stroms, der durch die aufgeteilte Konstantleitung 23 fließt, das heißt, die Verteilung des elektrischen Stroms, der durch die Signalschicht fließt, berechnet, indem als die Quelle eines elektrischen Stroms der elektrische Strom i_3 der Wellenquelle verwendet wird, der erhalten wird, wie in der Fig. 7 gezeigt ist. Gleichzeitig kann der elektrische Strom i_4 am Ausgangsanschluß der aufgeteilten Konstantleitung 23 erhalten werden.

Die Fig. 9 zeigt das Verfahren des Berechnens der Verteilung des elektrischen Stroms über das Mehrschichtsubstrat in dem Modell des Mehrschichtsubstrates, das heißt die Verteilung des elektrischen Stroms über das Mehrschichtsubstrat einschließlich des Teils zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht. In der Fig. 9 wird die Verteilung oder Distribution des elektrischen Stroms, der erhalten wird, wie in der Fig. 8 gezeigt ist, als ein elektrischer Strom verarbeitet, der vorher in dem Mehrschichtsubstrat existiert, und der Strom, der durch einen anderen Teil in dem Mehrschichtsubstrat fließt, wird durch das Momentverfahren berechnet.

Die Fig. 10 und 11 sind Flußdiagramme, die den gesamten Prozeß gemäß der vorliegenden Erfindung zeigen, wie in den Fig. 7 bis 9 gezeigt ist. Der Prozeß in jedem in diesen Figuren gezeigten Schritt wird später genau in erforderlicher

Weise beschrieben. Die Fig. 10 ist ein Flußdiagramm (1), das den gesamten Prozeß des Analysierens einer elektromagnetischen Welle zeigt. Wenn die elektronische Schaltung in der Signalschicht eine lineare Schaltung in der Fig. 10 ist, werden die Prozesse in den Schritten S1 bis S3 gemäß dem aufgeteilten Konstantleitungs-näherungsverfahren ausgeführt. Wenn es eine nicht lineare Schaltung ist, wird der Prozeß im Schritt S4 ausgeführt. Der Prozeß im Schritt S4 kann auch auf eine lineare Schaltung ausgeführt werden.

Im Schritt S1 wird der Oberwellengehalt $I_3(f_0)$, $I_3(2f_0)$, \dots , $I_3(nf_0)$ des elektrischen Stroms einer Wellenquelle, das heißt den ausgegebenen elektrischen Strom i_3 zur Transmissionsleitung, erhalten basierend auf der aufgeteilten Konstantschaltungstheorie. Das f_0 gibt die Frequenz der fundamentalen Oberwelle des elektrischen Stroms i_3 an. Als nächstes wird im Schritt S2 die inverse Fouriertransformation auf den Oberwellengehalt angewandt, um den elektrischen Strom i_3 zu erhalten. Im Schritt S3 wird der elektrische Strom i_3 mit den Rechteckwellen D_1 und D_2 in Abhängigkeit vom Ein-/Aus-Nennverhältnis des IC-Treibers multipliziert, um die elektrischen Ströme i_1 und i_2 der zwei elektrischen Stromquellen zu erhalten.

Im Schritt S4 wird zum Beispiel das SPICE als ein Schaltungsanalysewerkzeug ungeachtet einer linearen oder nicht linearen elektronischen Schaltung als ein Schaltungsmuster verwendet. Der elektrische Strom i_1 von der Leistungszufuhr zum Treiber und der elektrische Strom i_2 von der Leistungszufuhr zur Erdung werden direkt erhalten. Der elektrische Strom i_3 der Wellenquelle wird als die Summe davon erhalten.

Nach den Prozessen in den Schritten S1 bis S3 oder im Schritt S4 wird die Fouriertransformation auf die drei elektrischen Ströme i_1 , i_2 und i_3 im Schritt S5 ausgeführt, um den Oberwellengehalt jedes der elektrischen Ströme zu erhalten. Für eine lineare Schaltung wurde der Oberwellengehalt für den elektrischen Strom i_3 einer Wellenquelle bereits im Schritt S1 erhalten.

Die Fig. 11 zeigt ein Flußdiagramm (2), das den gesamten Prozeß des Analysierens einer elektromagnetischen Welle zeigt. In der Fig. 11 wird der elektrische Strom für jeden Oberwellengehalt, der im Schritt S5 erhalten wurde, der in der Fig. 10 gezeigt ist, berechnet, und die erzeugte Elektromagnetfeldintensität wird berechnet. Bei diesem Beispiel wird der elektrische Strom berechnet, bis der Grad oder die Ordnung der Oberwellen n erreicht, und dann wird die Intensität des elektromagnetischen Feldes berechnet.

Das heißt, daß, wenn im Schritt S6 bestimmt ist, daß der Grad oder die Ordnung der Oberwellen gleich ist mit oder kleiner ist als n , dann die Eingangsimpedanz Z_{in2} , betrachtet vom Lastanschluß der aufgeteilten Konstantleitung, das heißt der Ausgangsanschluß b-b', zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht, in dem Momentverfahren im Schritt S7 erhalten wird. Im Schritt S8 wird die Eingangsimpedanz Z_{in1} der gesamten aufgeteilten Konstantleitung erhalten. Im Schritt S9 wird die Aufteilung des elektrischen Stroms durch die Leitung zwischen dem Eingangsanschluß a-a' und dem Lastanschluß b-b' erhalten. Im Schritt S10 werden die elektrischen Ströme i_1 und i_2 und der elektrische Strom, der durch das Mehrschichtsubstrat fließt, das eine Leistungszufuhrschicht und eine Erdungsschicht enthält, unter Verwendung der Aufteilung oder Distribution des elektrischen Stroms in der aufgeteilten Konstantleitung als eine existierende Elektrizitätsquelle in dem Mehrschichtsubstrat mit dem Momentverfahren berechnet.

Wenn die Prozesse in den Schritten S7 bis S10 damit aufhören, daß der Grad oder die Ordnung (bis zu n) der Oberwellen berechnet wird, ist im Schritt S6 bestimmt, daß die Zeit oder Anzahl der Oberwellen n überschritten hat. Im Schritt S11 wird die Elektromagnetfeldintensität, das heißt die elektromagnetische Feldintensität und die magnetische Feldintensität, für einen spezifizierten Prüfpunkt und eine spezifizierte Frequenz berechnet.

Nachfolgend beschrieben ist eine genaue Erklärung jeden Schrittes, der in den Fig. 10 und 11 gezeigt ist. Die Fig. 12 zeigt das Verfahren des Berechnens des elektrischen Stroms i_3 einer Wellenquelle in der aufgeteilten Konstantleitung. Die Fig. 12 zeigt, wie der elektrische Strom i_3 der Wellenquelle in den Schritten S1 und S2 erhalten wird. Wenn der IC-Treiber und die Last in der Fig. 12 linear sind, kann jeder Oberwellenstrom einer Wellenquelle gemäß der aufgeteilten Konstantschaltungstheorie erhalten werden.

In der Fig. 12 wird eine Fouriertransformation auf die Leistungszufuhrspannung $v(t)$ ausgeführt, um den Oberwellengehalt $V(f_0)$, $V(2f_0)$, \dots , $V(nf_0)$ zu erhalten. Die Oberwellenstromverteilung $I_3(kf_0)$ wird für jeden der Oberwellenspannungsgehalte durch die folgende Gleichung unter Verwendung der Impedanz Z_{ins} basierend auf dem Start der aufgeteilten Konstantleitung 23 erhalten. Das Z_c in der folgenden Gleichung gibt die charakteristische Impedanz der Leitung an, und das $B(kf_0)$ gibt die Propagations- oder Ausbreitungskonstante der Leitung an. Das $v(t)$ gibt eine Ausgabewellenform des CMOS-ICs 25 an, der in der Fig. 6 gezeigt ist.

$$I_3(kf_0) = V(kf_0)/Z_{ins}, k = 1, 2, \dots, n$$

wobei

$$Z_{ins} = Z_c \frac{Z_L + jZ_c \tan \beta(kf_0)\ell}{Z_c + jZ_L \tan \beta(kf_0)\ell}$$

Der elektrische Strom i_3 wird durch Ausführung einer inversen Fouriertransformation auf jeden der Oberwellengehalte des erhaltenen elektrischen Stroms i_3 der Wellenquelle erhalten.

Die Fig. 13 zeigt das Verfahren des Aufteilens des elektrischen Stroms i_3 einer Wellenquelle in zwei elektrische Stromquellen i_1 und i_2 . Wie in der Fig. 13 gezeigt ist, wird die Wellenform des elektrischen Stroms i_3 der Wellenquelle mit den Rechteckwellen D_1 und D_2 entsprechend dem Nennverhältnis des IC-Treibers multipliziert, um die elektrische Stromquelle i_1 , die von einer Leistungszufuhr zu einem IC-Treiber fließt, und die elektrische Stromquelle i_2 zu erhalten, die von einer Leistungszufuhr zu einer Erdungsseite fließt. In diesem Beispiel ist das Nennverhältnis zum IC-Treiber auf 0,4 für EIN und 0,6 für AUS eingestellt. Jedoch kann das Nennverhältnis optional bestimmt werden.

Die Oberwellengehalte der elektrischen Ströme i_1 und i_2 werden durch Ausführung der Fouriertransformation auf die somit erhaltenen elektrischen Ströme i_1 und i_2 erhalten, wie oben unter Bezugnahme auf den Schritt S5 beschrieben ist,

der in der Fig. 10 gezeigt ist.

Wenn der Prozeß in der Fig. 10 endet, wird der elektrische Strom in den Schritten S7 bis S10 berechnet. Vor diesen Prozessen wird zuerst der Prozeß, der in der Fig. 14 gezeigt ist, ausgeführt. Die Fig. 14 zeigt das Einsetzen der elektrischen Stromquelle und der Eingangsimpedanz am Eingangsanschluß und Lastanschluß der aufgeteilten Konstantleitung. Wie in der Fig. 14 gezeigt ist, werden der Eingangsanschluß a-a' und der Lastanschluß b-b' der aufgeteilten Konstantleitung 23 mit der Eingangsimpedanz und der elektrischen Stromquelle ersetzt. In der Fig. 14 bezieht sich die elektrische Stromquelle i_3 auf den elektrischen Strom der Wellenquelle. Das i_4 gibt den elektrischen Ausgabestrom am Ausgangsanschluß der Transmissionsleitung an, das heißt, den elektrischen Strom zu einer Last. Das Z_{in1} gibt die Eingangsimpedanz der gesamten aufgeteilten Konstantleitung 23 an. Das Z_{in2} gibt die Impedanz von der Lastseite betrachtet vom Ausgangsanschluß der aufgeteilten Konstantleitung 23 an. Da die Eingangsimpedanz und der elektrische Strom, der durch die elektrische Stromquelle fließt, gegeneinander versetzt sind, kann der Einfluß der abgestrahlten elektromagnetischen Welle ignoriert werden, und es wird angenommen, daß die elektrischen Ströme i_3 und i_4 kontinuierlich an den Anschlüssen a-a' bzw. b-b' fließen. Diese Eingangsimpedanzen, etc., werden folgendermaßen erhalten.

Die Fig. 15 zeigt das Verfahren des Erhaltens der Eingangsimpedanz Z_{in2} am Lastanschluß einer aufgeteilten Konstantleitung. In der Fig. 15 wird das Z_{in2} mit der Lastseite betrachtet vom Ausgangsanschluß b-b' der aufgeteilten Konstantleitung 23 durch die folgenden Gleichung berechnet, indem der elektrische Strom I_a in dem Momentverfahren mit einer optionalen Spannung V_a erhalten wird, die dem Anschluß b-b' hinzugefügt ist.

$$Z_{in2} = V_a / I_a.$$

Die Fig. 16 zeigt das Verfahren des Berechnens der gesamten Impedanz der aufgeteilten Konstantleitung 23, das heißt, der Eingangsimpedanz am Eingangsanschluß a-a'. Wie in der Fig. 16 gezeigt ist, wird die Eingangsimpedanz Z_{in1} an einem Eingangsanschluß durch die folgenden Gleichung unter Verwendung der Eingangsimpedanz Z_{in2} am Lastanschluß, die in der Fig. 15 erhalten wurde, berechnet.

$$Z_{in1} = Z_c \frac{Z_{in2} + jZ_c \tan \beta(kf_0)\ell}{Z_c + jZ_{in2} \tan \beta(kf_0)\ell}$$

Somit enden die Prozesse bis hin zum Schritt S8, der in der Fig. 11 gezeigt ist, und werden von dem Prozeß im Schritt S9 gefolgt. Die Fig. 17 zeigt das Verfahren des Berechnens der Verteilung des elektrischen Stroms in der aufgeteilten Konstantleitung. In der Fig. 17 ist die elektrische Stromquelle i_3 an den Eingangsanschluß a-a' der aufgeteilten Konstantleitung 23 angeschlossen. Zuerst wird die Spannung V_x im Abstand x von Eingangsanschluß berechnet. Unter Verwendung des erhaltenen Wertes kann der Elektrizitätsstromwert I_x an dem Punkt durch die folgenden Gleichung berechnet werden.

$$V_x = V_0 \frac{Z_{in2} \cos \beta(kf_0)(\ell - x) + jZ_c \sin \beta(kf_0)(\ell - x)}{Z_{in2} \cos \beta(kf_0)\ell + jZ_c \sin \beta(kf_0)\ell}$$

$$Z_{inx} = Z_c \frac{Z_{in2} + jZ_c \tan \beta(kf_0)(\ell - x)}{Z_c + jZ_{in2} \tan \beta(kf_0)(\ell - x)}$$

$$I_x = \frac{V_x}{Z_{inx}}$$

Dann wird die Verteilung des elektrischen Stroms des gesamten Mehrschichtsubstrates im Schritt S10 berechnet, der in der Fig. 11 gezeigt ist. Die Fig. 18 zeigt das Verfahren des Berechnens der Verteilung oder Distribution des elektrischen Stroms des gesamten Mehrschichtsubstrates. Wie in der Fig. 18 gezeigt ist, wird die Verteilung der elektrischen Ströme in dem Mehrschichtsubstrat berechnet einschließlich des elektrischen Stroms, der durch die Leistungszufuhrschicht und die Erdungsschicht fließt, im Momentverfahren unter Verwendung der I_1 , I_2 und der Aufteilung oder Distribution des elektrischen Stroms in der aufgeteilten Konstantleitung 23 als die Quelle der elektrischen Ströme, die gegenwärtig in dem Mehrschichtsubstrat existieren.

Somit wird, wenn der elektrische Strom im Momentverfahren erhalten wird, die Verteilung des elektrischen Stroms normal erhalten nach Konvertieren einer elektrischen Stromquelle in eine Spannungsquelle. Zum Beispiel werden die elektrischen Stromquellen i_3 und i_4 , die in der Fig. 14 beschrieben sind, ebenfalls in Spannungsquellen konvertiert. Die Fig. 19 zeigt das Verfahren des Konvertierens einer elektrischen Stromquelle in eine Spannungsquelle beim Momentverfahren. Wie in der Fig. 19 gezeigt ist, wird zum Beispiel die elektrische Stromquelle i_3 in eine Spannungsquelle v_3 umgewandelt, die in der folgenden Gleichung erscheint, unter Verwendung eines Widerstandes R , der einen Wert hat, der ausreichend größer als die Selbstimpedanz eines angeschlossenen Kabels ist. Ein Wert von R kann im Bereich von 1 bis 100 M Ω gemäß den Experimenten sein.

$$v_3 = R \cdot i_3.$$

Schließlich wird die Strahlungsintensität eines elektromagnetischen Feldes im Schritt S11, der in der Fig. 11 gezeigt ist, berechnet und der Prozeß endet.

Dann wird der Prozeß des Generierens eines Modells zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht, die durch Bezugnahme auf die Fig. 5 beschrieben wurden, durch Bezugnahme auf die Fig. 20 bis 22 beschrieben. Die Fig. 20 zeigt das Verfahren des Aufteilens der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht eines Mehrschichtsubstrates in einem Maschenformat. Wie in der Fig. 20 gezeigt ist, ist eine Leistungszufuhrschicht 31 in rechtwinklige metallische Flächen 33 unterteilt, und eine Erdungsschicht 32 ist in rechtwinklige metallische Flächen 34 unterteilt.

Die Fig. 21A zeigt die leitende Fläche (1), die zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht vorgesehen ist.

Die Fig. 21B zeigt die leitfähige Fläche (2), die zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht vorgesehen ist.

Zuerst werden, wie in der Fig. 21A gezeigt ist, die rechtwinkligen leitenden Flächen 36 senkrecht von jeder Netz- oder Maschensektionseinheitslinie 35, die die Leistungszufuhrschicht 31 unterteilen, zur Erdungsschicht 32 in solcher Weise eingestellt, daß sie nicht miteinander verbunden sind. Dann werden, wie in der Fig. 21B gezeigt ist, die rechtwinkligen leitenden Flächen 38 senkrecht von jeder Sektionseinheitslinie 37, die die Erdungsschicht 32 unterteilen, zur Leistungszufuhrschicht 31 in solcher Weise, daß sie nicht miteinander verbunden sind, mit einem kleinen Freiraum zur entsprechenden leitenden Fläche 36 der Leistungszufuhrschicht 31 eingestellt.

Die Fig. 22A zeigt ein Modell eines dielektrischen Teils zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht. Die Fig. 22B zeigt ein Modell eines dielektrischen Teils zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht, wenn der Verlust eines dielektrischen Teils berücksichtigt wird. In der Fig. 22A ist ein Kondensator 39 zwischen den zwei leitenden Flächen 36 und 38, die oben unter Bezugnahme auf die Fig. 21 beschrieben wurden, angeschlossen. Die Kapazität des Kondensators 39 wird durch C/N berechnet, wobei C die Kapazität eines Kondensators angibt, der durch ein dielektrisches Teil gebildet ist, das zwischen die Leistungszufuhrschicht 31 und die Erdungsschicht 32 eingesetzt ist, und N die Anzahl von Sätzen der leitenden Flächen 36 und 38 angibt.

Wenn ein Verlust eines dielektrischen Teils, das zwischen der Leistungszufuhrschicht 31 und der Erdungsschicht 32 eingesetzt ist, berücksichtigt wird, wird ein Modell, in welchem ein Widerstand R und eine Induktanz L in Reihe mit dem Kondensator 39 verbunden sind, verwendet, wie in der Fig. 22B gezeigt ist.

Der Grund, warum die Leistungszufuhrschicht 31 und die Erdungsschicht 32 unterteilt sind, wie oben beschrieben wurde, in einem Netz- oder Maschenformat, und der Teil zwischen der Leistungszufuhrschicht 31 und der Erdungsschicht 32 durch die leitenden Flächen 36 und 38 repräsentiert sind, ist der, daß der elektrische Strom, der durch die rechtwinkligen metallischen Flächen fließt, parallel zu den Seiten des Rechtecks ist, und daß die elektrische Flußlinie im dielektrischen Teil mit der Richtung des elektrischen Stromes zusammenpaßt, der durch die leitenden Flächen 36 und 38 fließt. Das heißt, daß die Richtung des elektrischen Stromes, der von der Leistungszufuhrschicht 31 zur Erdungsschicht 32 fließt, mit der Richtung der elektrischen Flußlinie zusammenpaßt, das heißt, der Richtung des Versetzungstromes, der durch den dielektrischen Teil fließt.

Die Fig. 23 und 24 zeigen ein Beispiel eines Ergebnisses der Berechnung einer elektromagnetischen Feldintensität. Die Fig. 23 zeigt ein Ergebnis der Berechnung eines elektromagnetischen Feldspektrums, wenn die vorliegende Erfindung nicht angewandt wird. Die Fig. 23 zeigt das Spektrum, dessen elektromagnetisches Feld den Maximalwert angibt, wenn eine Antenne um 360 Grad mit einem Abstand von 3 m vom Mehrschichtsubstrat bei 1 m Höhe vom Mehrschichtsubstrat gedreht wird. Tatsächlich gibt es eine große Differenz zwischen dem tatsächlichen Meßergebnis, das mit Diamantsymbolen "◇" markiert ist, und dem tatsächlichen Balkengraphen, der das Berechnungsergebnis angibt.

Die Fig. 24 zeigt das Ergebnis der Berechnung des elektromagnetischen Feldspektrums, wenn die vorliegende Erfindung angewandt ist. Verglichen mit der Fig. 23 zeigt die Fig. 24, daß der tatsächlich gemessene Wert mit dem berechneten Wert zusammenpaßt.

Abschließend beschrieben durch Bezugnahme auf die Fig. 25 und 26 werden die Konfiguration des Computersystems zum Realisieren des Elektromagnetwellen-Analysegerätes gemäß der vorliegenden Erfindung, und der Prozeß des Ladens eines Programms zum Analysieren der elektromagnetischen Welle in das Computersystem von einem Speichermedium.

Die Fig. 25 ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration des Computersystems zum Realisieren des Elektromagnetwellen-Analysegerätes gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. In der Fig. 25 enthält das Computersystem eine Zentralverarbeitungseinheit (CPU) 41 zum Steuern des gesamten Systems, einen Speicher 42 zum Speichern von Strukturdaten eines Mehrschichtsubstrates, etc., einen Hauptspeicher 43 zum temporären Speichern eines Programms zum Realisieren eines Verfahrens des Analysierens einer elektromagnetischen Welle gemäß der vorliegenden Erfindung, ein Schaltungsanalyseprogramm, wie eine SPICE, etc., wie es in erforderlicher Weise von der CPU 41 ausgeführt werden soll, eine Eingabe-/Ausgabe-Vorrichtung 44 zum Eingeben/Ausgeben von Mehrschichtsubstrat-Strukturdaten, etc., und eine Kommunikationssteuervorrichtung 45 zum Empfangen/Übertragen der Mehrschichtsubstrat-Strukturdaten, etc., die zum Beispiel durch ein Netzwerk 53 eingegeben und ausgegeben werden.

Die Fig. 26 zeigt den Prozeß des Ladens eines Elektromagnetwellen-Analyseprogramms in ein Computersystem. In der Fig. 26 enthält ein Computer 50 einen Hauptteil 51 und einen Speicher 52. Ein Programm kann von einem tragbaren Speichermedium 54 in den Hauptteil 51 geladen werden, oder kann von einem Programmversorger (Programmpvider) durch ein Netzwerk 53 geladen werden.

Das Programm gemäß der vorliegenden Erfindung, wie das Programm, das in dem Flußdiagramm in den Fig. 10 und 11, etc., gezeigt ist, wird zum Beispiel in dem Speicher 52 gespeichert, und von dem Hauptteil 51 ausgeführt. Der Speicher 52 kann zum Beispiel ein Direktzugriffsspeicher (RAM), eine Festplatte, etc. sein.

Ein Programm, etc. zur Elektromagnetwellenanalyse wird auf dem tragbaren Speichermedium 54 zum Analysieren einer elektromagnetischen Welle durch Laden des Programms in den Computer 50 gespeichert. Das transportable Speichermedium 54 kann ein optisches Speichermedium sein, das allgemein vermarktet und verteilt wird, wie eine Speicher-

karte, eine Diskette, eine CD-ROM (Kompaktdisketten-Festwertspeicher), eine optische Platte, eine magneto-optische Platte, etc. Ferner kann ein Programm zur Elektromagnetwellenanalyse eine Elektromagnetwellenanalyse realisieren, indem es übertragen und geladen wird von einem Programmversorger (Programmprovider) zur Seite des Computers 50 durch das Netzwerk 53.

Wie oben beschrieben wurde, wird die Verteilung eines Signalschicht-Elektrikstroms mit dem aufgeteilten Konstantleitungs-näherungsverfahren oder dem Transmissionsleitungsanalyseverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung erhalten. Das Ergebnis kann mit dem gesamten Mehrschichtsubstrat, das ein Modell zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Erdungsschicht enthält, beim Momentverfahren kombiniert werden, so daß die Berechnung ohne Aufteilen eines Signalschichtteils in eine Anzahl von kleinen Berechnungselementen ausgeführt werden kann. Daher kann eine praktische Analyse realisiert werden, und eine Berechnung für Elektromagnetwellenanalyse kann mit hoher Geschwindigkeit und mit hoher Präzision ausgeführt werden. Als ein Ergebnis kann eine geeignete Elektrikwellensteuerung leicht eingestellt werden, um die Leistung einer Elektrikschaltungsvorrichtung zu verbessern.

Patentansprüche

1. Elektromagnetwellen-Ausbreitungsanalysegerät, welches eine elektromagnetische Welle analysiert, die sich von einem Mehrschichtsubstrat ausbreitet, enthaltend:

Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinrichtungen zum Erhalten einer Verteilung eines elektrischen Stroms, der durch eine Signalschicht fließt, unter Verwendung eines aufgeteilten Konstantleitungs-näherungsverfahrens oder eines Transmissionsleitungsanalyseverfahrens,

Mehrschichtsubstrat-Elektrikstromverteilungsberechnungseinrichtungen zum Berechnen einer Verteilung eines elektrischen Stroms eines gesamten Mehrschichtsubstrates mit einem Momentverfahren basierend auf der Verteilung des elektrischen Stroms, die durch die Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinrichtungen erhalten wurde, und

Elektromagnetfeld-Ausbreitungsberechnungseinrichtungen zum Berechnen einer elektromagnetischen Feldintensität einer elektromagnetischen Welle, die von einem Mehrschichtsubstrat ausgeht, basierend auf der berechneten Verteilung des elektrischen Stroms des gesamten Mehrschichtsubstrates.

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinrichtungen einen elektrischen Strom einer Wellenquelle in der Signalschicht als einen elektrischen Strom erhalten, der durch einen elektrischen Strom zwischen der Signalschicht und einer Leistungszufuhrschicht und einem elektrischen Strom zwischen der Signalschicht und einer Erdungsschicht gebildet ist.

3. Gerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinrichtungen einen elektrischen Strom einer Wellenquelle in einer Signalschicht in zwei Teile unterteilt, jeden Teil zwischen der Leistungszufuhrschicht und der Signalschicht und zwischen der Erdungsschicht und der Signalschicht einfügt, und die Verteilung des elektrischen Stroms berechnet, der durch die Signalschicht fließt.

4. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinrichtungen jede elektrische Stromquelle durch Multiplizieren eines elektrischen Stroms, der von einem IC-Treiber in der Signalschicht ausgegeben wurde, mit einer Rechteckwelle entsprechend einem Nennverhältnis für den IC-Treiber erhalten, um den elektrischen Strom der Wellenquelle in der Signalschicht zu teilen.

5. Gerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinrichtungen eine Fouriertransformation auf jede elektrische Stromquelle ausführt, die durch Multiplizieren der Rechteckwelle entsprechend dem Nennverhältnis für den IC-Treiber erhalten wurde, und einen Einfluß eines Schalters des IC-Treibers in einem Frequenzbereich erhalten.

6. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalschicht-Elektrikstromverteilungsberechnungseinrichtungen eine Eingangsimpedanz von einem Verbindungsanschluß einfügen, der in dem Mehrschichtsubstrat einen Teil, der auf dem aufgeteilten Konstantleitungs-näherungsverfahren oder dem Transmissionsleitungsanalyseverfahren basiert, mit einem Teil verbindet, der auf dem Momentverfahren durch die Mehrschichtsubstrat-Elektrikstromverteilungsberechnungseinrichtungen zu einer Lastseite basiert, und eine Quelle eines elektrischen Stroms durch den Verbindungsanschluß in den Verbindungsanschluß fließt.

7. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrschichtsubstrat-Elektrikstromverteilungsberechnungseinrichtungen eine Verteilung eines elektrischen Stroms der Gesamtheit des Mehrschichtsubstrates durch Konvertieren einer Quelle eines elektrischen Betriebsstroms für einen Teil, der auf dem Momentverfahren in dem Mehrschichtsubstrat basiert, in eine Spannungsquelle berechnet, deren interne Impedanz nahezu unendlich ist.

8. Elektromagnetwellen-Ausbreitungsanalyseverfahren zum Analysieren einer elektromagnetischen Welle, die sich von einem Mehrschichtsubstrat ausbreitet, enthaltend die Schritte:

Erhalten einer Verteilung eines elektrischen Stroms, der durch eine Signalschicht fließt, mit einem aufgeteilten Konstantleitungs-näherungsverfahren oder einem Transmissionsleitungsanalyseverfahren,

Berechnen einer Verteilung eines elektrischen Stroms eines gesamten Mehrschichtsubstrates mit einem Momentverfahren basierend auf der erhaltenen Verteilung des elektrischen Stroms, der durch die Signalschicht fließt, und

Berechnen einer elektromagnetischen Feldintensität einer elektromagnetischen Welle, die sich von einem Mehrschichtsubstrat ausbreitet, basierend auf der Verteilung des elektrischen Stroms des gesamten Mehrschichtsubstrates.

9. Computerlesbares Speichermedium, das verwendet wird, um einen Computer darauf auszurichten, folgende Funktionen auszuführen:

Erhalten einer Verteilung eines elektrischen Stroms, der durch eine Signalschicht fließt, mit einem aufgeteilten Konstantleitungs-näherungsverfahren oder einem Transmissionsleitungsanalyseverfahren,

Berechnen einer Verteilung eines elektrischen Stroms eines gesamten Mehrschichtsubstrates mit einem Moment-

DE 198 16 192 A 1

verfahren basierend auf der erhaltenen Verteilung des elektrischen Stroms, der durch die Signalschicht fließt, und Berechnen einer elektromagnetischen Feldintensität einer elektromagnetischen Welle, die sich von einem Mehrschichtsubstrat ausbreitet, basierend auf der Verteilung des elektrischen Stroms des gesamten Mehrschichtsubstrates.

Hierzu 26 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

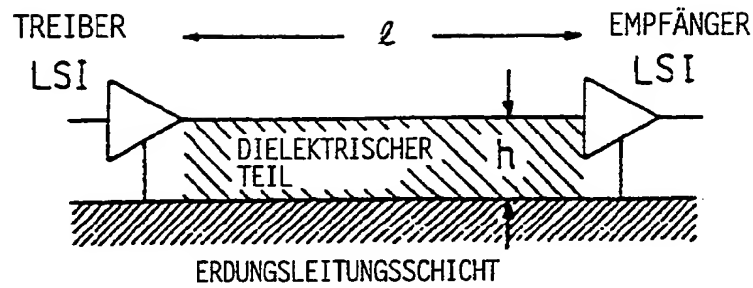
45

50

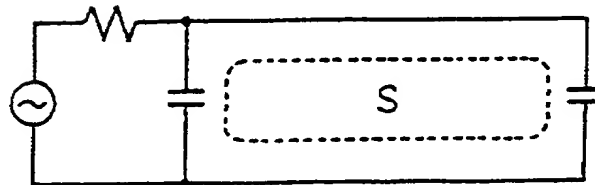
55

60

65



ELEKTRISCHER STROM



BETRAG DER
ELEKTRIKWELLENSTRAHLUNG

\propto

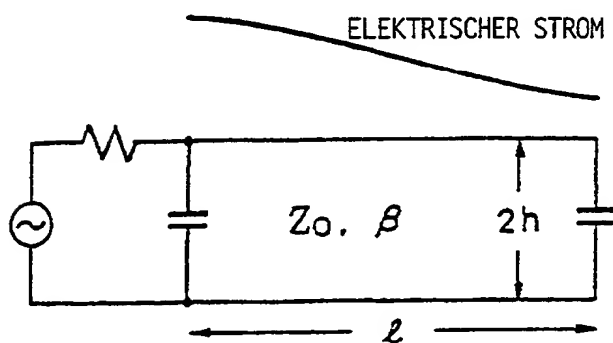
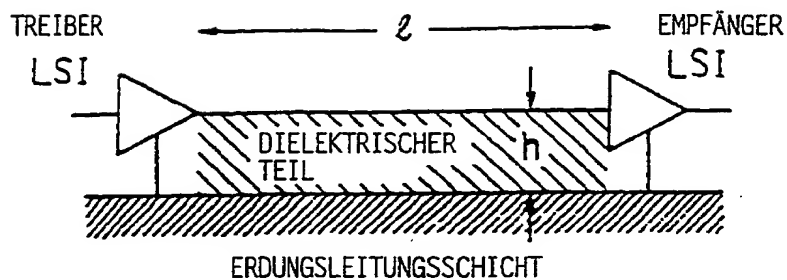
FREQUENZ²

x ELEKTRISCHER
STROM
(GLEICHMÄSSIG)

x SCHLEIFEN-
BEREICH

FIG. 1

STAND DER TECHNIK



BETRAG DER
ELEKTRIKWELLENSTRAHLUNG

=

ELEKTRISCHER STROM
VERTEILUNGSABHÄNGIGKEIT

FIG. 2

STAND DER TECHNIK

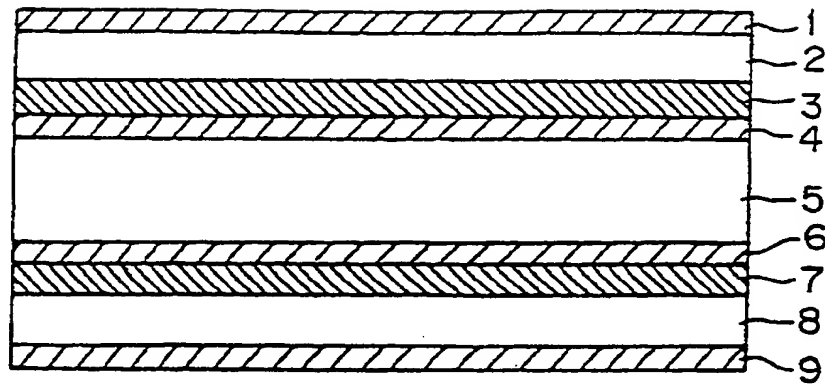


FIG. 3A STAND DER TECHNIK

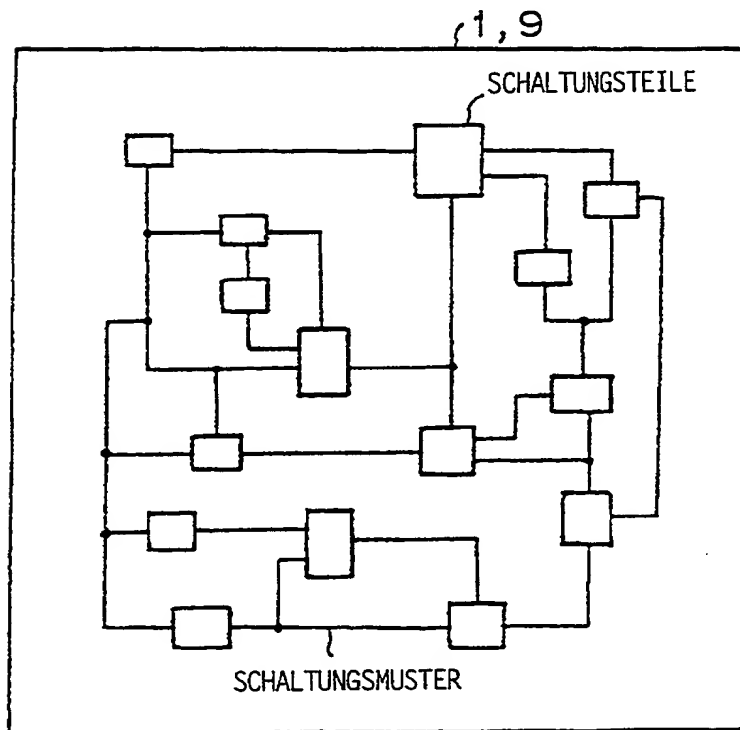


FIG. 3B STAND DER TECHNIK

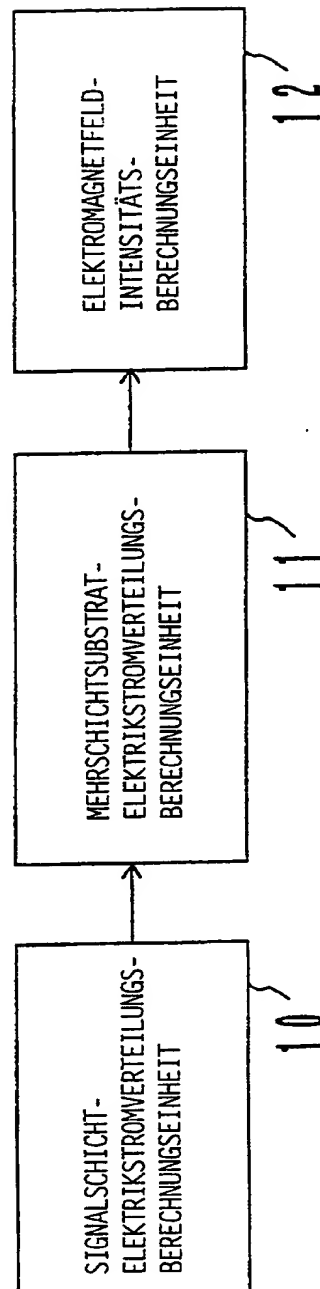


FIG. 4

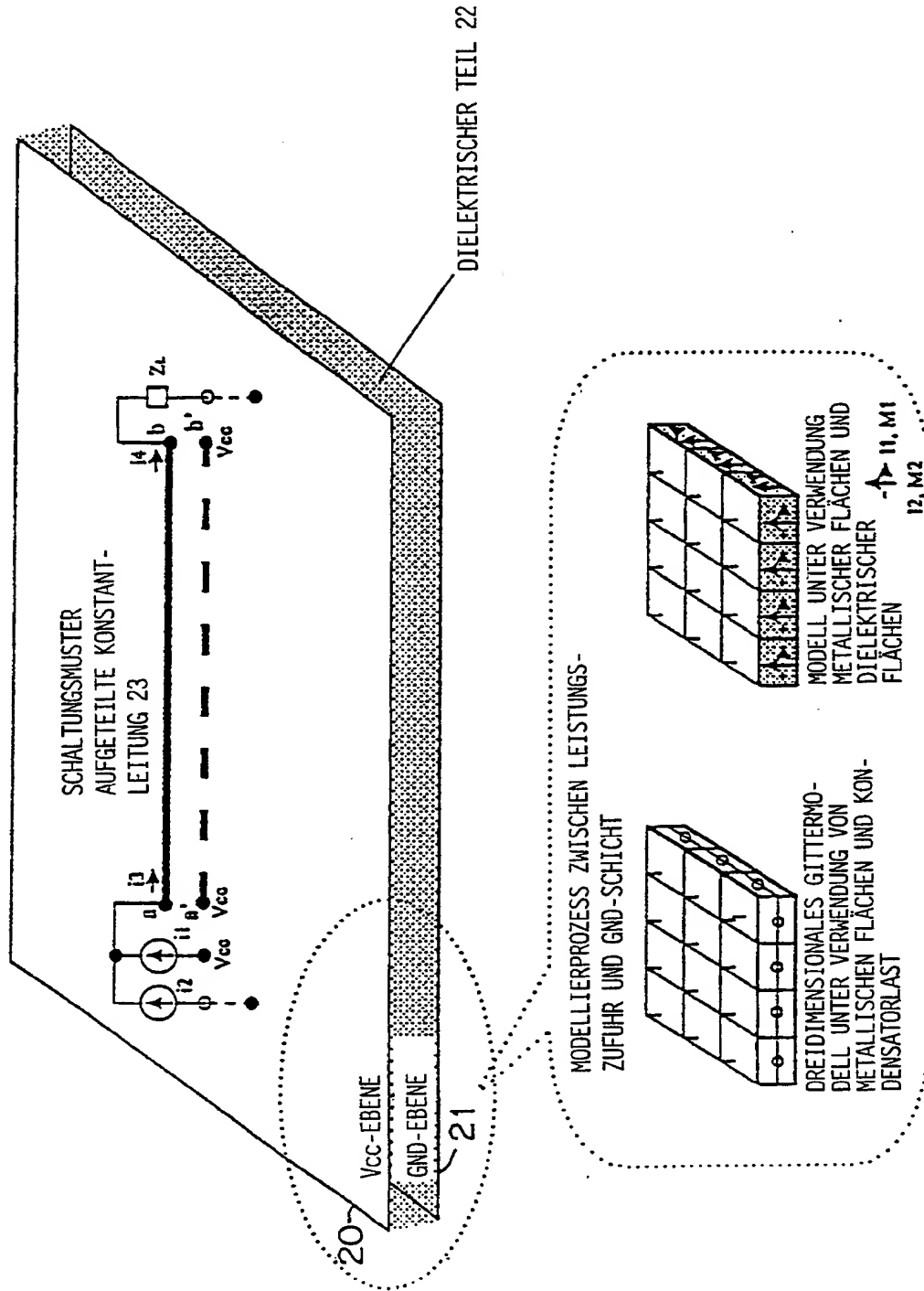


FIG. 5

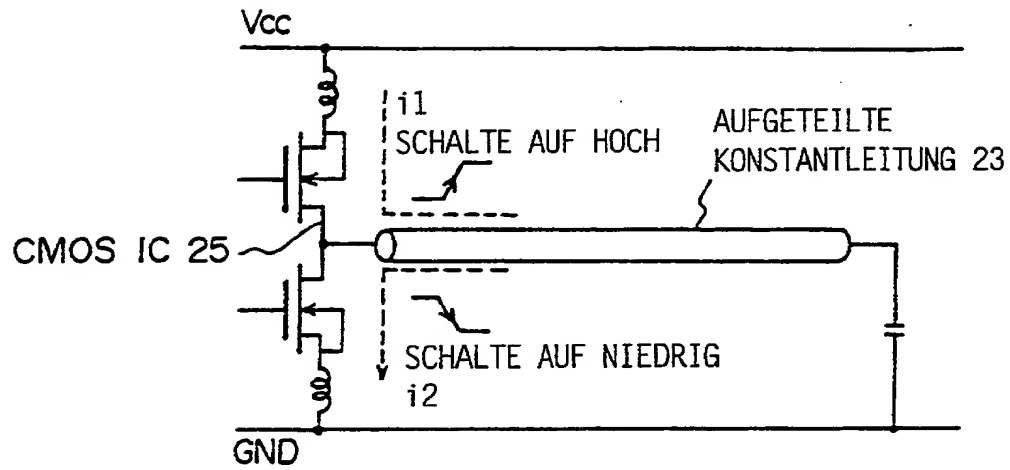


FIG. 6

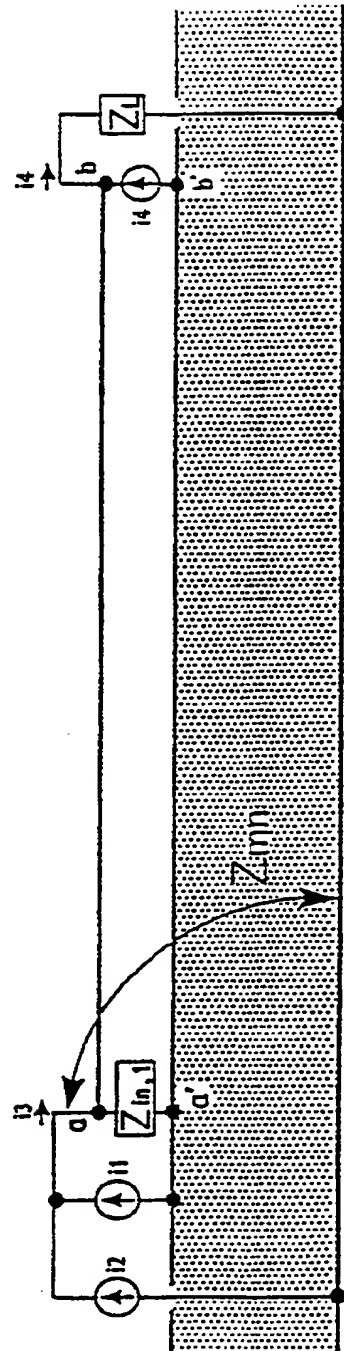


FIG. 7

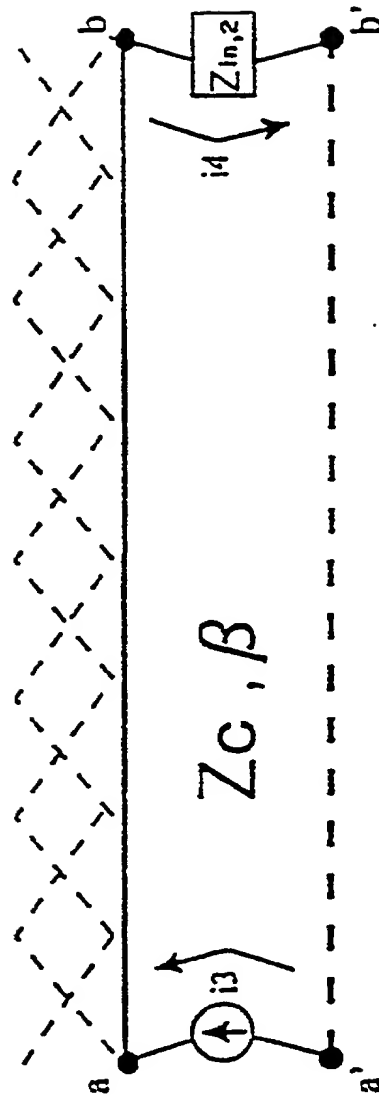


FIG. 8

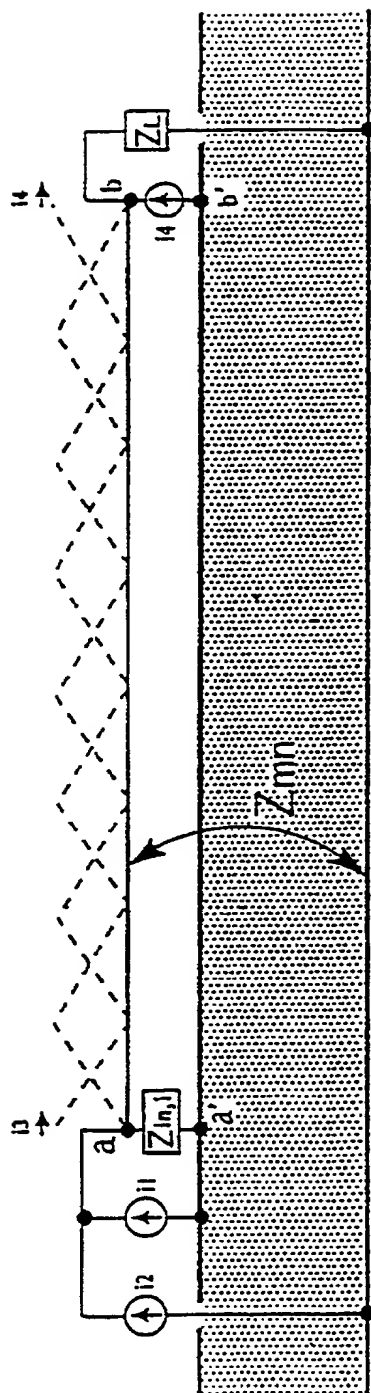


FIG. 9

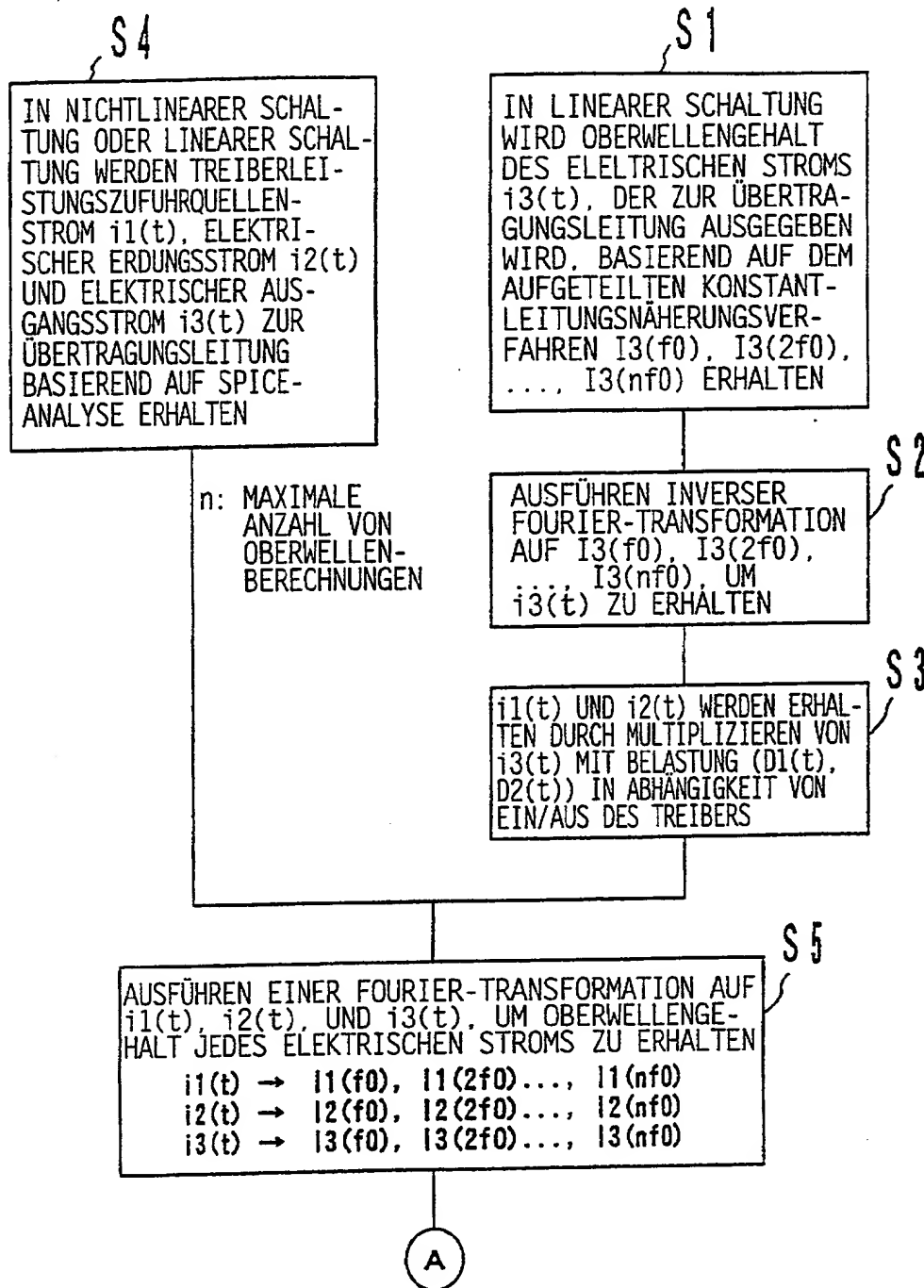


FIG. 10

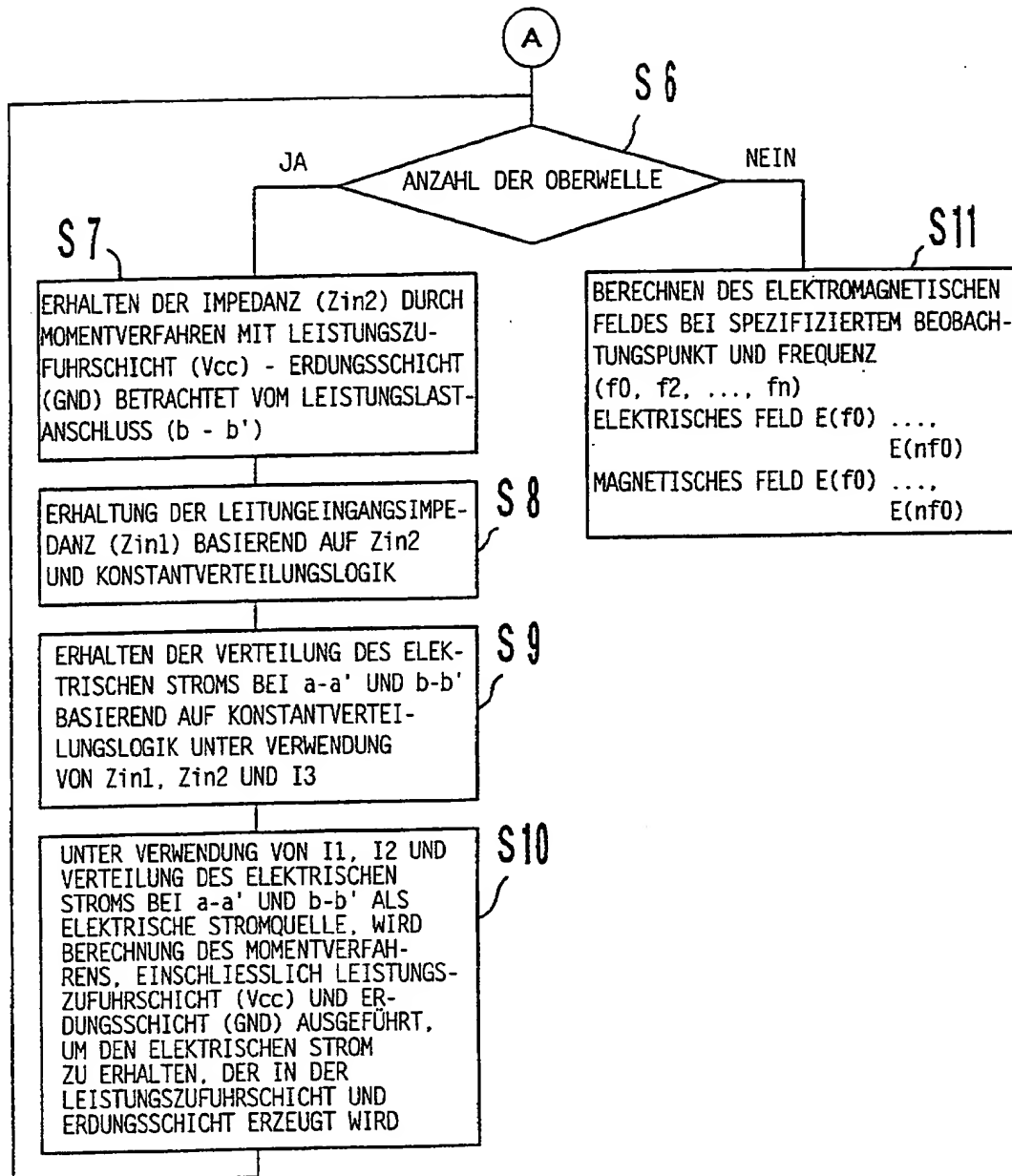


FIG. 11

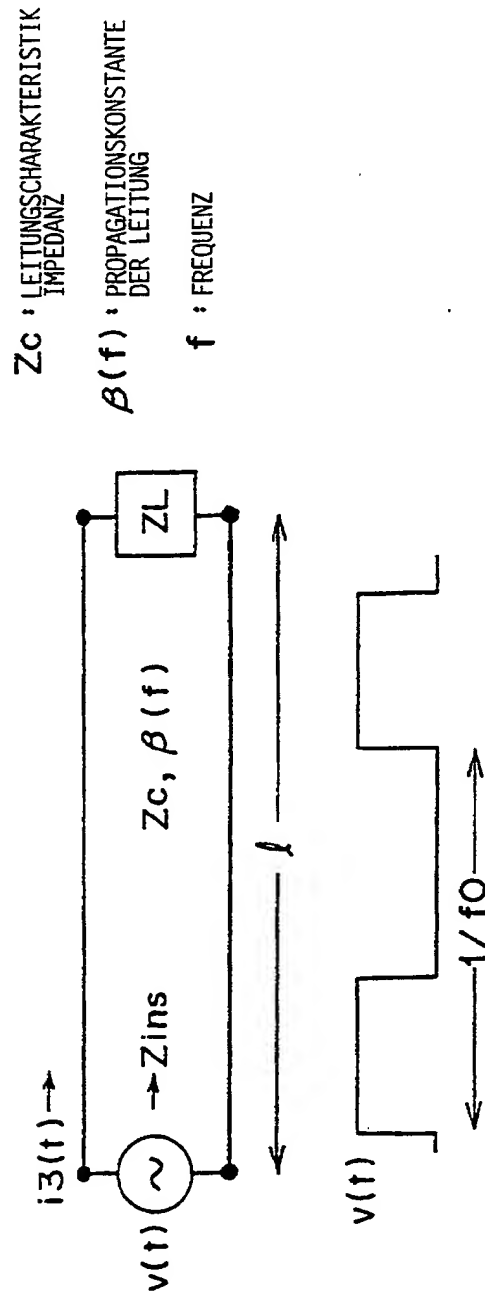


FIG. 12

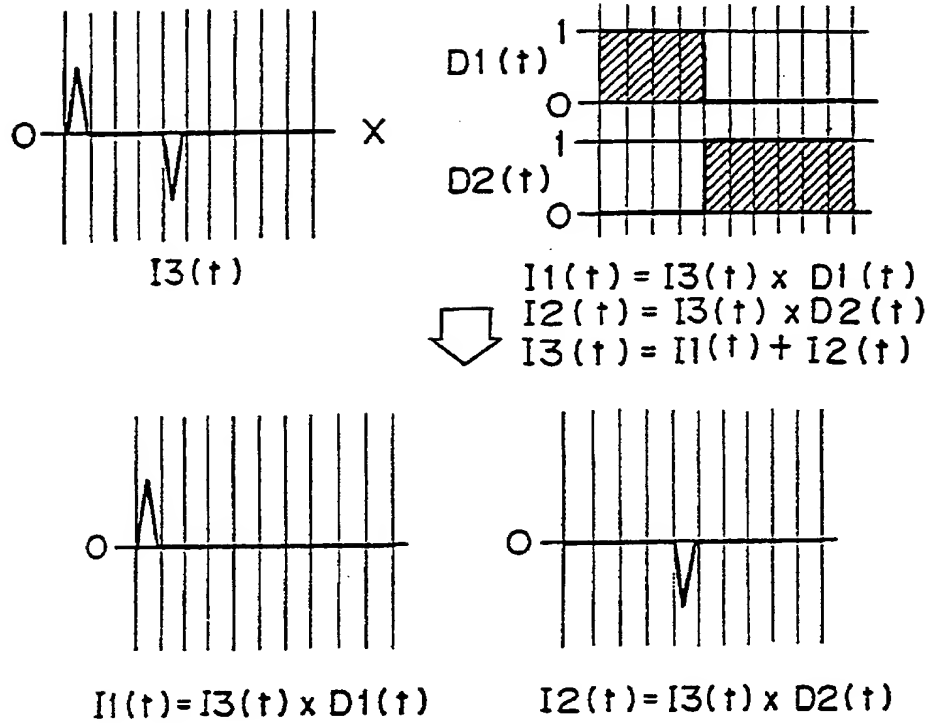
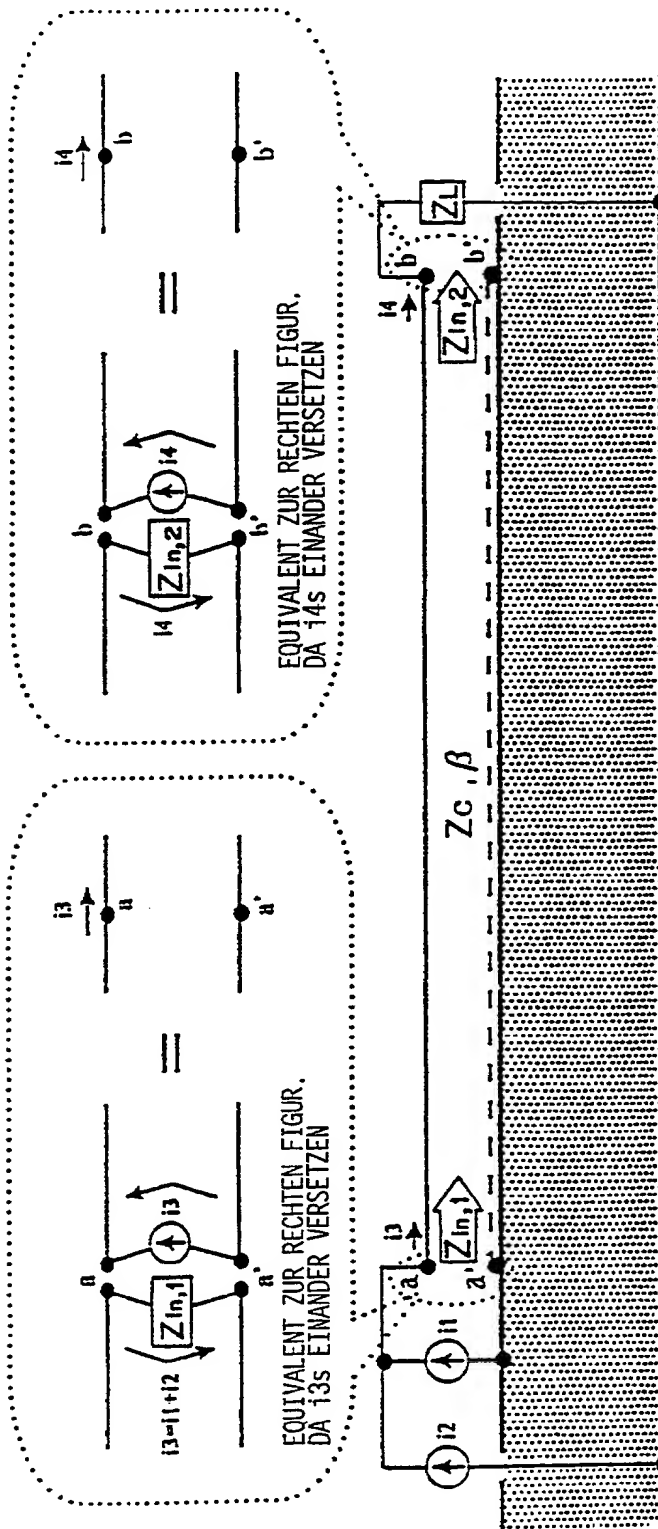


FIG. 13



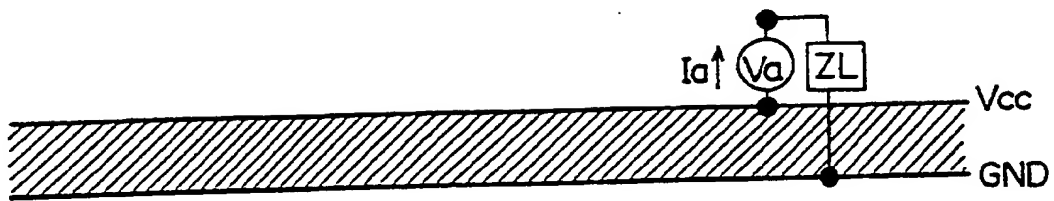


FIG. 15

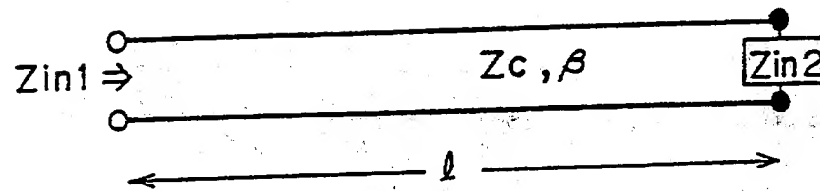


FIG. 16

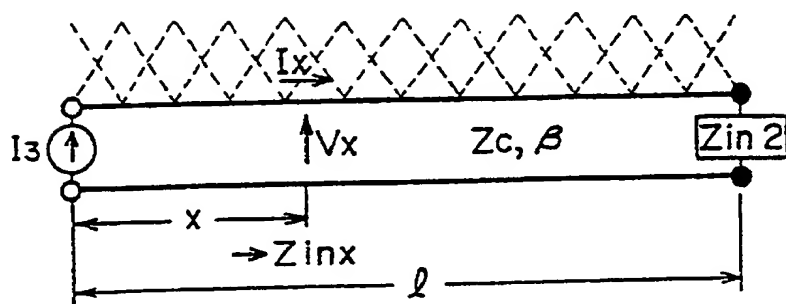


FIG. 17

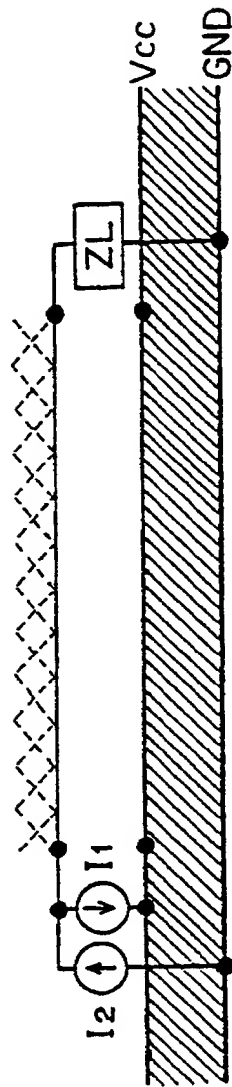
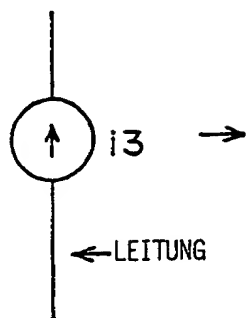


FIG. 18

ELEKTRISCHE STROMQUELLE



SPANNUNGSQUELLE

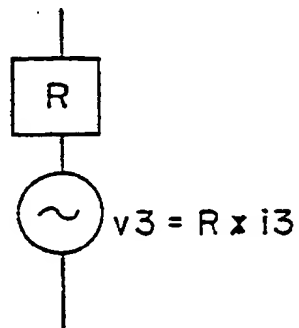


FIG. 19

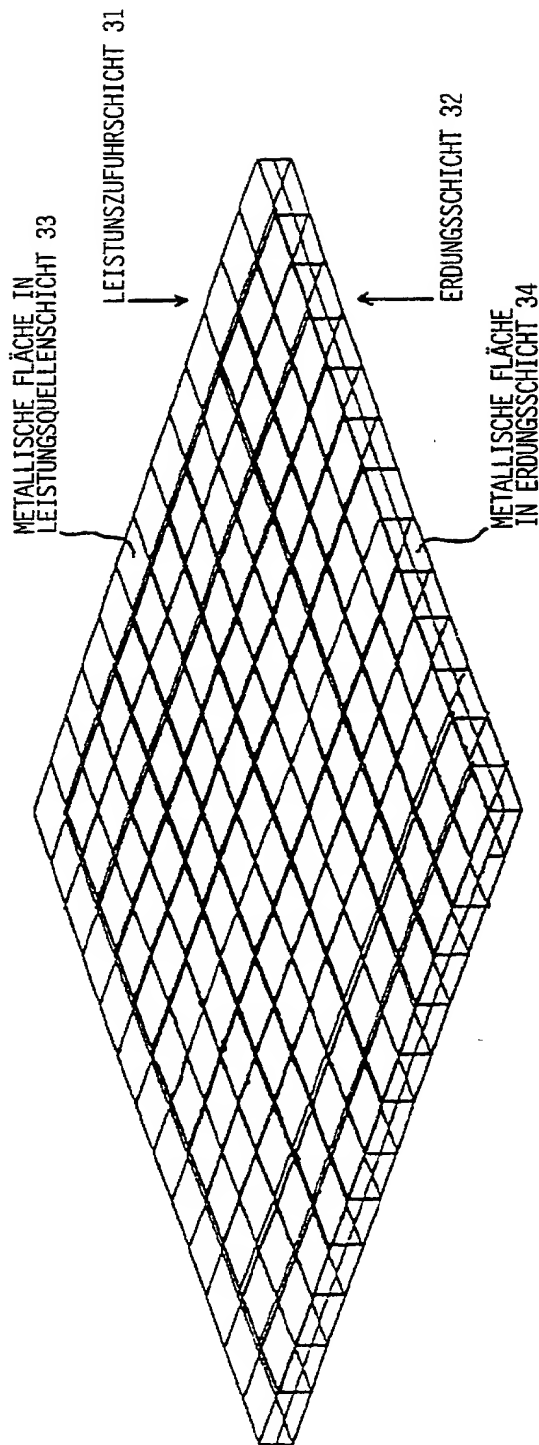


FIG. 20

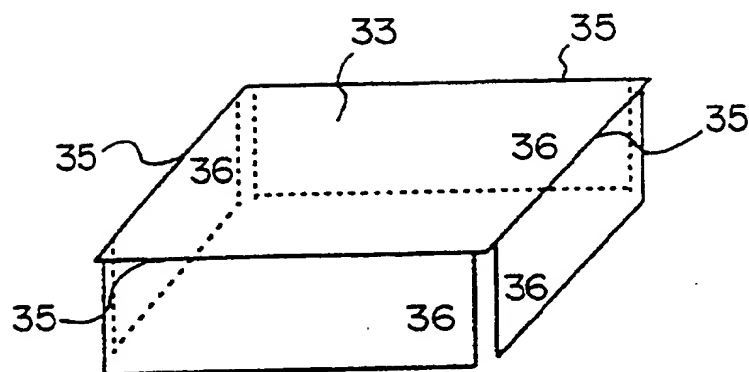


FIG. 21A

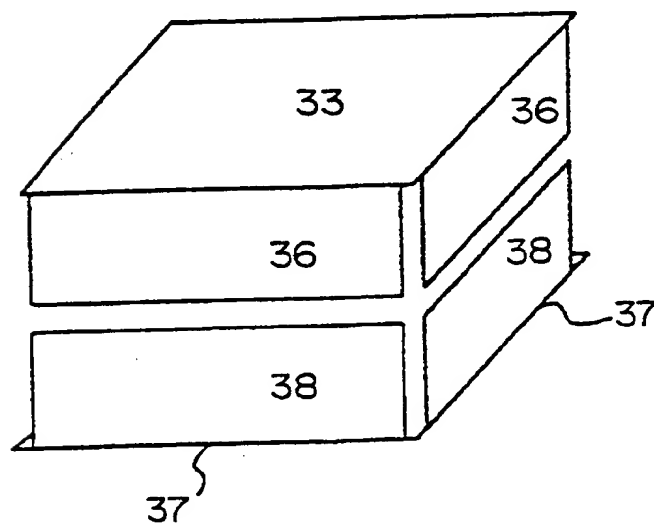


FIG. 21B

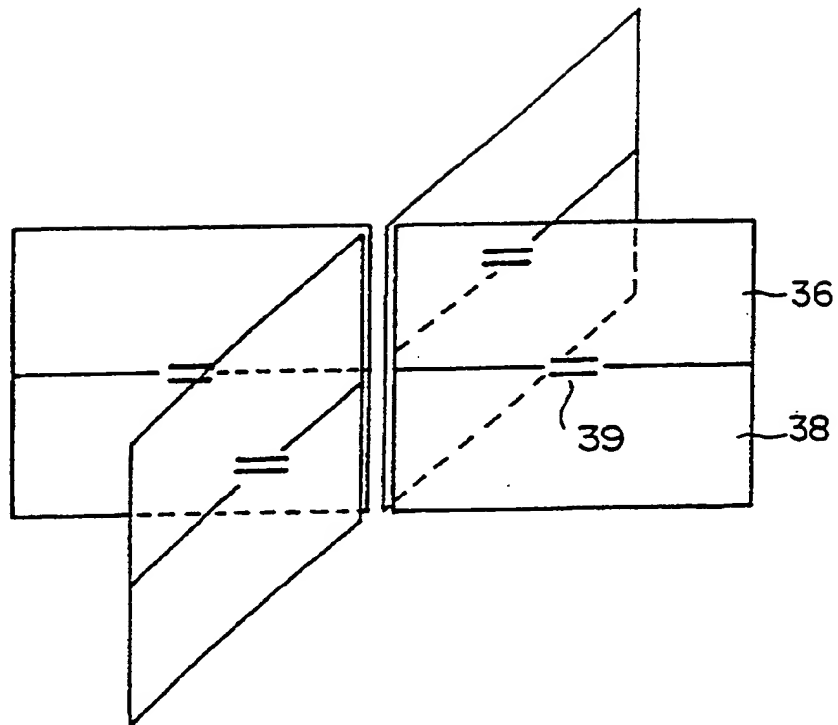


FIG. 22A

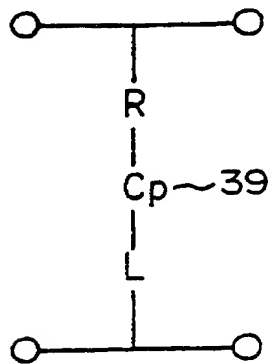
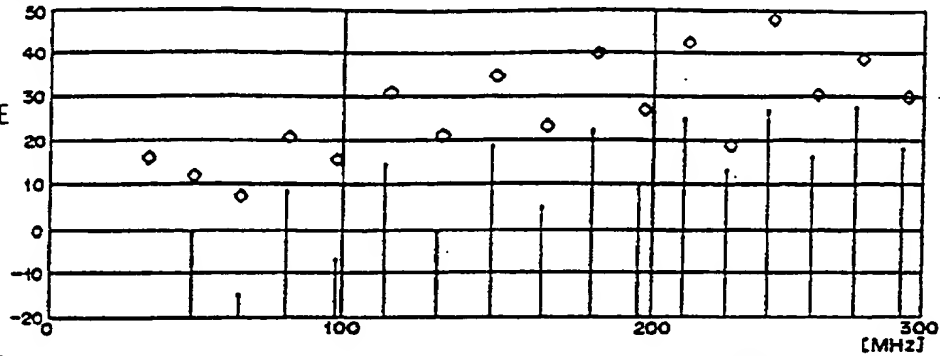


FIG. 22B

ELEMENTE: ☐ ☒ SKALA: ☐ 50dB ☒ STARTFREQUENZ: ☐ 10 ☒ ENDE: ☐ 300 ☒
[MHz]

TITEL: vgtmew00_
[dB(µV/m)]

HORIZONTAL
POLARISIERTE
WELLE

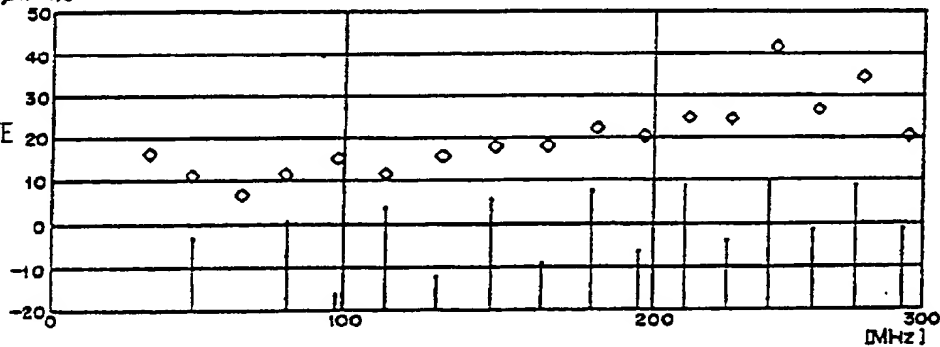


EBENE: Z-d x0[m]=0.0 y0[m]=0.0 z0[m]=1.0 r[m]=3.0 HÖHE [m]=1-1

ELEMENTE: ☒ ☐ SKALA: ☐ 50dB ☒ STARTFREQUENZ: ☐ 10 ☒ ENDE: ☐ 300 ☒
[MHz]

TITEL: vgtmew00_
[dB(µV/m)]

VERTIKAL
POLARISIERTE
WELLE



EBENE: Z-d x0[m]=0.0 y0[m]=0.0 z0[m]=1.0 r[m]=3.0 HÖHE [m]=1-1

FIG. 23

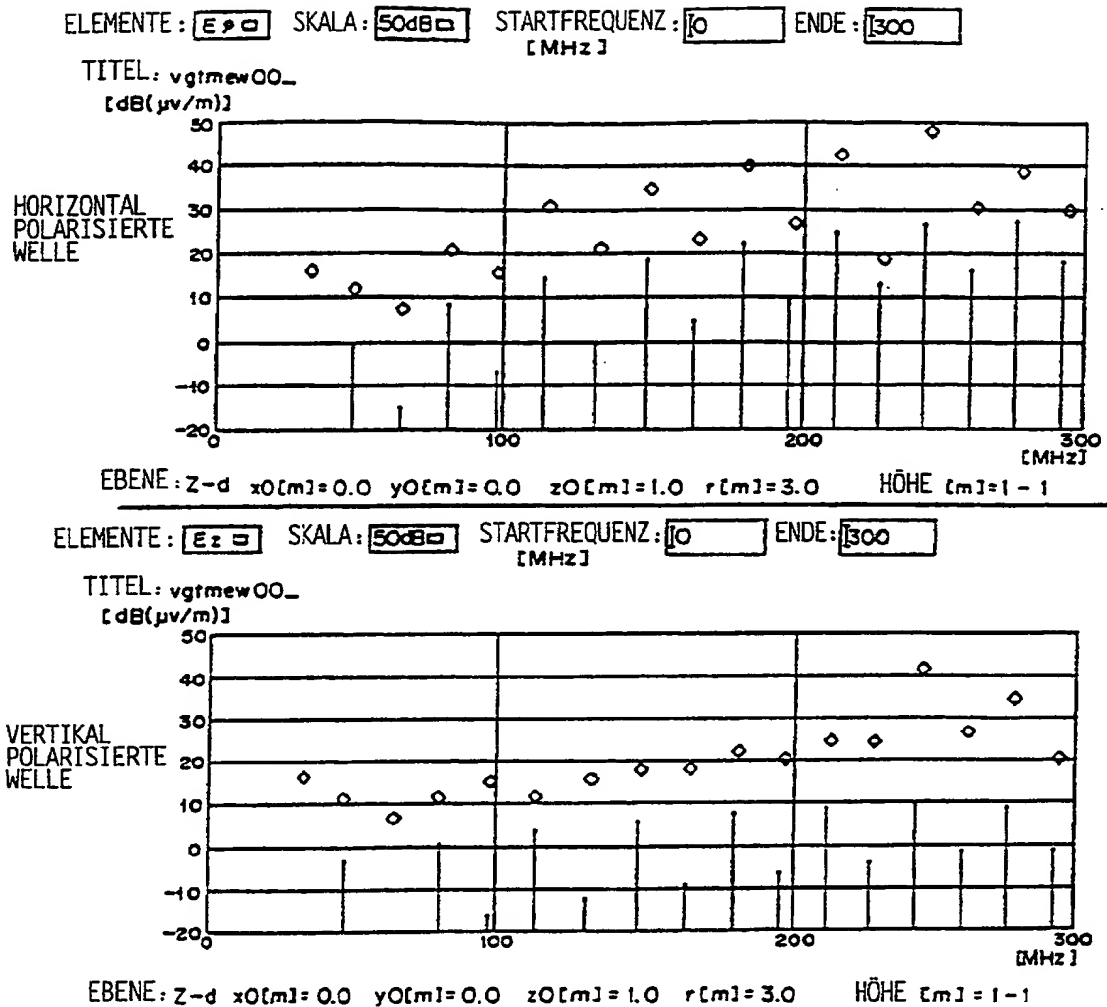


FIG. 23

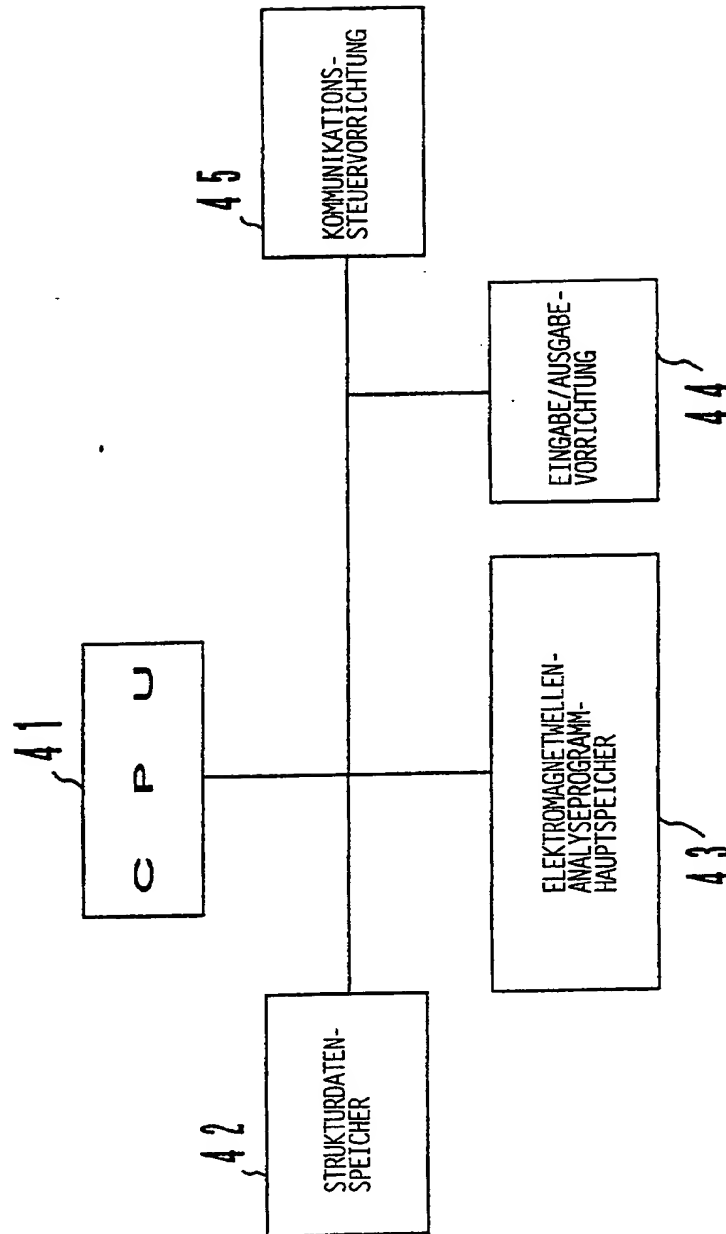


FIG. 25

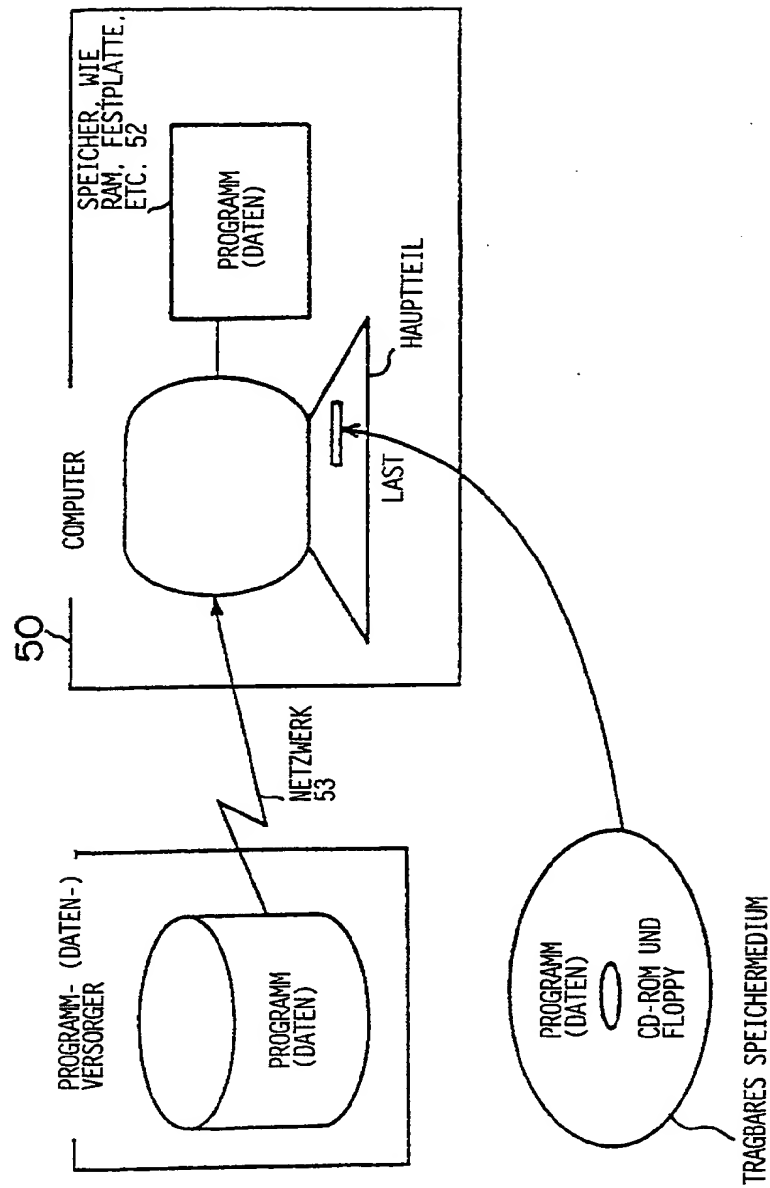


FIG. 26